

Radena similis similis Linnaeus

陳素瓊* 國立宜蘭技術學院園藝系 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

摘 要

本試驗在網室內採琉球青斑蝶(*Radena similis similis*)當日產卵，分別置於20、25、30°C，80±5% RH，13L: 11D之生長箱飼養，並分別以蘿藦科(Asclepiadaceae)鷓鴣菜(*Tylophora ovata*)葉片單隻飼養其幼蟲至成蝶，觀察各蟲期發育的變化。結果如下，卵孵化率隨著溫度升高而降低；由卵發育至成蝶的存活率以20°C最高，為73.3%，隨溫度升高存活率降低。各蟲期之平均發育期，隨溫度升高而縮短，以30°C之發育最快，自卵孵化至成蝶，其平均發育時間為23.06日，而以20°C的發育時間最慢，為44.05日，其發育時間約需前者的2倍。琉球青斑蝶發育臨界溫度，卵為10.2°C，一齡至五齡幼蟲分別為7.8、8.4、11.2、7.9及8.6°C，蛹期為9.2°C、卵至成蟲為8.9°C。各蟲期有效積溫，卵為57.07日度；一齡至五齡幼蟲分別為49.68、40.13、32.91、49.90及84.65日度，蛹為160.87日度；卵發育至成蝶需要480.12日度。在頭殼寬度方面，雖然在不同溫度下三至四齡幼蟲有差異，但至五齡蟲時並沒有顯示差異，此蝶之幼蟲頭殼寬度是有一定的，末齡頭殼寬度至少為3.21 mm。在幼蟲期食葉量方面，於20、25、30°C之飼養，均以第五齡幼蟲的食葉量最大，且有顯著性差異，三者總食葉面積分別為221.74、191.67及129.25 cm²，此結果可做為教學材料及大量飼養的基本資料。

關鍵詞：琉球青斑蝶、溫度、發育、食葉量

前 言

2 2 (*Radena similis similis*
Linnaeus) (Lepidoptera)
(Danaidae) (Chang

and Tsai, 1984)
1997)

(Chao and Wang,

(Chen, 1994)
Vane-Wright(1984)

Ackery and

*

e-mail:scchen@mail.ilantech.edu.tw

蝶科。此蝶分布範圍很廣，包括臺灣、蘭嶼、琉球群島、中國大陸南部、中南半島、印度、泰國、馬來西亞、印尼、蘇門答臘、爪哇及斯里蘭卡等地區(Ackery and Vane-Wright, 1984; Hamano, 1987; Chao and Wang, 1997)。本省則分布於全島各處，從平地至低山地區之間，是臺灣斑蝶中最常見的一種，一年四季皆可見其蹤影。幼蟲取食蘿藦科(Asclepiadaceae)鷓鴣菜(*Tylophora ovata*)、牛皮消(*Cynanchum atratum*)以及絨毛芙蓉蘭(*Marsdenia tinctoria*) (Hamano, 1987; Lee and Wang, 1995)；亦有報導取食夾竹桃科(Apocynaceae)同心結(*Parsonsia* spp.)、娃兒藤(*Tylophora hispida*)及蘿藦科白薇(*Cynanchum atiatum*)等植物(Chao and Wang, 1997)。成蝶飛行緩慢，夏季數量最多，雄蝶常常會單獨出現在溪流或河岸邊，並在濕地上吸水。喜歡於陽光充足的植物上訪花吸蜜，雌、雄蝶成群在馬櫻丹(*Lantana camara*)、林氏澤蘭(*Eupatorium lindleyanum*)、南美蟛蜞菊(*Wedelia trilobata*)、大花咸豐草(*Bidens pilosa* var. *radiata*)上吸蜜。近年來由於經濟開發，食草的棲息地被破壞了，因此在平地數量已驟減。

此蝶之研究在近十年國內、外已有學者對牠的形態和習性做過描述，一般多偏重於成蝶(Ackery and Vane-Wright, 1984; Chang and Tsai, 1984; Tsai, 1985; Lee and Chang, 1988; Chang, 1998)。Wei and Yang(1991)和 Wei(1995)曾研究陽明山公園青斑蝶類成蟲生態，但此蝶基本生物學並沒有完整的資料，故仍有待研究之處。因為此蝶極具觀賞價值且易觀察，也可當野外教學教材使用，為了使昆蟲資源發揮更大的功用，更應對其生物特性加以了解。因此本文以人工個別飼育的方法，觀察琉球青斑蝶在各種定溫下各發

育期發育差異，估計其發育臨界低溫、各蟲期的有效積溫，了解其生存的適合溫度及取食量之探討，以便當做繁殖的基本資料。

材料與方法

一、供試蟲源及飼養方法

由宜蘭縣員山鄉大礁溪野外採集琉球青斑蝶雌、雄各 10 隻成蝶，攜回置於以鍍鋅管建構，外覆百吉網的簡易網室(長 24、寬 5.5、高 3.6 m，網目 16 × 16 mesh)內，網室內栽種幼蟲食草蘿藦科鷓鴣菜植物提供幼蟲取食，和馬櫻丹(*Lantana camara*)、繁星花(*Pentas lanceolata*)、冇骨消(*Sambucus formosana*)、南美蟛蜞菊(*Wedelia trilobata*)、馬利筋(*Asclepias curassavica*)、非洲鳳仙花(*Impatiens wallerana*)、孔雀草(*Tagetes patula*)、長穗木(*Stachytarpheta jamaicensis*)、白玉蘭(*Michelia alba*)、金露花(*Duranta repens*)、馬齒莧(*Portulaca oleracea*)、紫花霍香薊(*Ageratum houstonianum*)、阿勃勒(*Cassia fitula*)、烏心石(*Michelia formosana*)、樟樹(*Cinnamomun camphora*)、金棗(*Citrus margarita*)、檸檬(*Citrus limon*)、柚子(*Citrus grandis*)等植物，提供成蟲吸蜜、求偶、交配及遮蔭避雨，以及雌蟲產卵等用途，在網室飼養 5 代後才開始進行試驗觀察。

二、溫度對琉球青斑蝶各蟲期生長、發育之影響

試驗前先在網室外栽種鷓鴣菜盆栽，俟長到 60 cm 高，約含 40~60 片葉片時，檢查植株葉片上確無蟲卵、幼蟲及蜘蛛，並摘去不良葉片，準備供雌蝶產卵用。雌蝶通常於白天將卵產於鷓鴣菜葉背邊緣或嫩芽上。試驗當天將二盆

鷓鴣菜盆栽搬入網室內供琉球青斑蝶產卵，四小時之後將鷓鴣菜移出檢查，將含卵葉片採下攜回實驗室，葉柄以棉花裹住，加水保濕，然後將含卵葉片單片放入圓形透明塑膠盒（杯口直徑 9.2、底部直徑 8、高 5.88 cm、容量 250 ml）中，盒外貼上產卵日期，分別移入不同溫度（20、25、30℃），80±5% RH，13L:11D(5:00 開燈，19:00 關燈)生長箱內，每一溫度分別放入 60 粒卵，每日觀察並記錄。

待卵孵化時，即單隻飼養於圓形透明塑膠盒中，每日清理容器並在盒內放入足夠之鷓鴣菜葉片供幼蟲取食，所有供試葉片採下後皆於葉柄包裹含水棉花保鮮，剛孵化幼蟲以嫩葉餵食，二齡幼蟲後以較成熟之葉片餵食，每日供給足夠的葉片量，三齡後飼育盒換成較大的不透明塑膠盒（杯口直徑 11、底部直徑 9、高 8 cm、容量約 500 ml），盒蓋先以針刺出密集小孔，使飼育盒內的空氣流通。每日以目視法觀察各蟲期的發育情形並詳細記錄。

剛孵化之一齡幼蟲、剛蛻皮之各齡幼蟲及化蛹當天的蛹體之體長、體寬等測定，是以數位式游標卡尺測量，體長是從蟲體或蛹的頭前端至腹部末端之長度，蛹體寬度則量測蛹的最寬處；幼蟲頭殼寬度的測定是以剛蛻皮時蛻下的頭殼量測所得，其中一齡幼蟲的頭殼寬度是用解剖顯微鏡目鏡中所附的微尺測量，其餘各齡幼蟲的頭殼寬度皆以數位式游標卡尺測量；供試幼蟲化蛹後當天的蛹體另以電動天平單隻秤重，此後即放回盒內，並在塑膠盒內懸掛絲襪或衛生紙以利羽化。待成蟲羽化後即以數位式游標卡尺測定其展翅長、寬度，測量翅長是由前翅的翅基至翅端，翅寬則測量前翅頂角至肛角之寬度。每日觀察並記錄在不同溫度下各蟲期的形態之變化及生長、發育情形。

本試驗所得之資料分析時，平均值間的顯著性測驗，是在 5%顯著水準下採用鄧肯氏新

多變域分析法。而有效積溫(K)及發育臨界低溫(C)是依 Tsou (1980)的公式：

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

將觀察溫度(T)和發育速率(V)等各值代入計算求得。

三、琉球青斑蝶幼蟲取食量之測定

將剛產下的琉球青斑蝶 180 粒卵分為三組，依上述之方法處理，分別放入前述 20、25、30℃且固定光週期和濕度的生長箱內，待卵孵化時，即單隻飼養於圓形透明塑膠盒中，每天採取厚薄相近的鷓鴣菜葉片，以葉面積測定儀(Delta-T Devices Area Measurement System)測量葉片的面積後，放入圓形透明塑膠盒中餵食，隔日再測量取食後葉片的面積，二者相減即可，並記錄幼蟲蛻皮的時間，以累計幼蟲各齡期的取食量。每處理取 20 隻，比較幼蟲各齡期之取食量。本資料分析後，各處理平均值間的顯著性測驗，採鄧肯氏新多變域分析法。

結 果

一、溫度對琉球青斑蝶各蟲期生長、發育之影響

(一)琉球青斑蝶之存活率

在不同定溫下的試驗結果，琉球青斑蝶各蟲期的存活率列於表一。在 20、25 及 30℃下飼養，卵孵化率分別為 88.3、80.0、76.7%，以 20℃的孵化率最高，而 30℃最低，二者相差 11.6%。從第一齡幼蟲起，各蟲期在不同溫度下飼育的存活率，除了在 30 和 20℃的第二

齡幼蟲為 88.7 和 80.0%外，都在 90%以上，且化蛹率和羽化率皆達 90%以上。在 20、25、30℃下由卵發育至成蝶之存活率分別為 73.3、66.7、53.3%，其存活率隨溫度的升高而降低，但 30℃的羽化個體出現較多皺縮翅膀。而雌、雄成蟲性比方面，20 和 30℃皆呈 1: 1，但 25℃時雌蝶為雄蝶的 2 倍。由上述結果可知，此蝶在第二齡的死亡較其它各齡期高，但在所試驗的定溫下均能發育為成蝶。

(二) 琉球青斑蝶之發育

在不同定溫下，琉球青斑蝶各蟲期的平均發育所需日數及發育速率，如表二。各蟲期不同處理間有顯著差異($P \leq 0.05$)，卵在 20 至 30℃時，其孵化所需日數隨溫度之上升而縮短。

在 20℃時卵期最長，平均為 6.02 日，而 30℃時最短，平均為 2.98 日。卵發育速率以 30℃時 0.3356 為最快。幼蟲期的發育時間，亦隨溫度之上升而縮短，20℃時平均 22.68 日，而 30℃時，平均為 11.94 日，發育速率仍以 30℃之 0.0838 最快。蛹期的發育期亦以 30℃最快，只需 8.03 日，而 20℃需要 15.41 日，發育速率亦以 30℃之 0.1245 最快。自卵孵化至成蟲羽化所需日數，以 20℃發育時間最長，平均為 44.05 日，而最短期發育期在 30℃時只需平均 23.06 日，二者之間有顯著性差異，其發育速率仍以 30℃時的 0.0434 最快。由結果顯示，不同溫度下，琉球青斑蝶的各蟲期之發育日數皆隨溫度升高而縮減，且在 20

表一 不同溫度下琉球青斑蝶各蟲期之存活率

Table 1. Survival rate (%) of various development stages of *Radena similis similis* Linnaeus under different temperatures

Temp (°C)	Egg hatching	Larval stage					Pupa	Emergence	Egg to Adult
		1st	2nd	3rd	4th	5th			
20	88.3	94.4	88.7	100.0	96.0	100.0	100.0	93.6	73.3
25	80.0	97.9	93.0	91.5	100.0	100.0	100.0	100.0	66.7
30	76.7	95.7	80.0	93.2	95.1	100.0	94.6	91.4	53.3

表二 不同溫度下琉球青斑蝶各蟲期之發育日數及發育速率

Table 2. Duration in days and development rate of various development stages of *Radena similis similis* Linnaeus under different temperatures

Temp (°C)	Duration ($\bar{X} \pm SE$, days) ¹⁾ and development rate of various development stages							
	Egg		Larva		Pupa		Egg to Adult	
	Duration (n)	Development rate	Duration (n)	Development rate	Duration (n)	Development rate	Duration (n)	Development rate
20	6.02±0.75a (53)	0.1661	22.68±2.72a (47)	0.0441	15.41±0.84a (47)	0.0649	44.05±0.40a (44)	0.0227
25	3.60±0.49b (48)	0.2778	15.66±1.95b (43)	0.0639	9.49±0.60b (40)	0.1054	28.88±0.31b (40)	0.0346
30	2.98±0.15c (46)	0.3356	11.94±0.98c (37)	0.0838	8.03±0.30c (35)	0.1245	23.06±0.22c (32)	0.0434

1) Means followed different letters within the same column significantly differ at $P \leq 0.05$, by Duncan's new multiple range test.

2) n in parentheses is the number of observed.

°C 飼養之平均幼蟲期、蛹期及卵至成蟲發育期，皆比在 30°C 所飼養的時間長約二倍，且各蟲期在試驗溫度內均能完成生長、發育之過程。

幼蟲期各齡之平均發育日數及發育速率，由表三結果得知，除了在二齡幼蟲時，25 與 30°C 之發育日數並沒有顯著性差異，其餘三種處理在各齡期皆有顯著性差異存在，平均發育日數皆隨溫度升高而縮短，各齡幼蟲的發育速率則隨溫度升高而增加。比較三種溫度下

的幼期各齡發育日數，其中除二齡幼蟲外，雖然 25 與 30°C 在統計上有顯著差異，但實際上各齡幼蟲期的發育日數相差並不大；若以溫度差距達 10°C 的數據比較，可知 20°C 時幼蟲期各齡的平均發育期皆比 30°C 所需時間長 1.5 倍。

根據以上在不同溫度各蟲期之平均發育日數的資料，琉球青斑蝶各生長期的發育速率 (Y) 與溫度 (T) 之關係，經直線迴歸分析結果如表四所示。其中相關係數 (r) 在卵期為 0.984；

表三 不同溫度下琉球青斑蝶幼期各齡之發育日數及發育速率

Table 3. Duration in days and development rate of each instar larvae of *Radena similis similis* Linnaeus at various temperatures

Temp (°C)	Duration ($\bar{X} \pm SE$, days) ¹⁾ and development rate of each instar larvae									
	1st		2nd		3rd		4th		5th	
	Duration (n)	Develop- ment rate	Duration (n)	Develop- ment rate	Duration (n)	Develop- ment rate	Duration (n)	Develop- ment rate	Duration (n)	Develop- ment rate
20	3.78±0.82a (50)	0.2646	3.56±0.04a (50)	0.2809	3.78±0.70a (48)	0.2646	4.16±0.95a (48)	0.2404	7.36±1.35a (43)	0.1359
25	3.13±0.90b (47)	0.3195	2.16±0.48b (43)	0.4630	2.36±0.65b (43)	0.4237	2.88±0.63b (43)	0.3472	5.26±0.88b (42)	0.1901
30	2.20±0.51c (43)	0.4546	2.02±0.52b (41)	0.4951	1.76±0.75c (39)	0.5682	2.27±0.51c (39)	0.4405	3.94±0.54c (37)	0.2538

1) Means followed by different letters within the same column significantly differ at $P \leq 0.05$, by Duncan's new multiple range test.

2) n in parentheses is the number of observed.

表四 琉球青斑蝶各蟲期在 20 至 30°C 間發育速率 (Y) 與溫度 (T) 之關係及其發育臨界低溫與有效積溫

Table 4. Relationship between developmental rate and temperature, lower developmental threshold (°C), and the accumulative effective temperature (day-degrees) for various development stages of *Radena similis similis* Linnaeus under a temperature range of from 20 to 30°C

Life stage	Regression equation	Correlation coefficient (r)	Lower developmental threshold (°C)	Accumulative effective temperature (day-degrees)
Egg	$Y = -0.164 + 0.017T$	0.984	10.2	57.07
1st instar	$Y = -0.129 + 0.019T$	0.972	7.8	49.68
2nd instar	$Y = -0.123 + 0.021T$	0.927	8.4	40.13
3rd instar	$Y = -0.340 + 0.030T$	0.999	11.2	32.91
4th instar	$Y = -0.158 + 0.020T$	0.999	7.9	49.90
5th instar	$Y = -0.102 + 0.012T$	0.999	8.6	84.65
Pupae	$Y = -0.051 + 0.006T$	0.979	9.2	160.87
Egg to Adult	$Y = -0.018 + 0.002T$	0.996	8.9	480.12

幼蟲期一至五齡分別為 0.972、0.927、0.999、0.999 及 0.999；蛹期為 0.979；卵至成蟲為 0.996。將這些相關係數做顯著性測驗結果($P \leq 0.05$)，皆有顯著性差異存在，表示這些迴歸直線的發育速率與溫度之間皆有顯著相關性，且直線關係皆存在。

再依 Tsou (1980)所提出的公式，計算出琉球青斑蝶各蟲期之發育臨界低溫及有效積溫(表四)，由結果顯示卵、幼蟲期一至五齡、蛹期及卵至成蟲等各蟲期之發育臨界低溫分別為 10.2、7.8、8.4、11.2、7.9、8.6、9.2 及 8.9°C；發育有效積溫各為 57.07、49.68、40.13、32.91、49.90、84.65、160.87 及 480.12 日度。由上述之結果，可藉卵至成蝶的有效積溫，來推測琉球青斑蝶在室內飼養或野外發生時一年中的代數。

(三)幼蟲期的頭殼寬度和體長

在不同定溫下，琉球青斑蝶幼蟲期各齡期的頭殼寬度列於表五。經統計分析各處理間有

顯著差異($P \leq 0.05$)，在第一齡幼蟲頭殼寬度為 0.69~0.71 mm，三種溫度的處理並無差異；第二齡幼蟲頭殼寬度為 1.01~1.04 mm，三者亦無差異；第三齡幼蟲時，30°C 的頭殼寬度為 1.17 mm，遠小於 20、25°C 之 1.53 mm，且有顯著差異；第四齡幼蟲的頭殼寬度，30°C 與 20、25°C 有顯著差異；但至第五齡幼蟲時，其頭殼寬度皆在 3.21~3.32 mm，三種溫度的處理並無顯著差異。由此可知，在 30°C 時雖然發育速率較快，導致在第三、四齡時的頭殼寬度較 20、25°C 小，但至末齡幼蟲時，頭殼寬度亦須達一定的閾值，故發育時需達到此範圍方可使老熟幼蟲化蛹。

在三種溫度處理飼養時，本種幼蟲出現有四、五及六齡蟲三種類型，在 20°C 有 4 隻四齡幼蟲直接進入化蛹階段，其餘 43 隻幼蟲至五齡才化蛹；而 25°C 只有 1 隻四齡幼蟲直接進入化蛹；但 30°C 有 2 隻延至六齡蟲後才化蛹。本種幼蟲出現四、五及六齡三類，相當特

表五 不同溫度下琉球青斑蝶幼期各齡之頭殼寬度

Table 5. Width of the head capsule of each instar larva of *Radena similis similis* Linnaeus at various temperatures

Temp (°C)	Head capsule width (mm) ¹⁾ of larval stage				
	1st	2nd	3rd	4th	5th
20	0.69±0.05a	1.03±0.05a	1.53±0.07a	2.25±0.08a	3.21±0.18a
25	0.69±0.05a	1.04±0.06a	1.53±0.07a	2.26±0.08a	3.31±0.18a
30	0.71±0.04a	1.01±0.10a	1.17±0.07b	2.02±0.05b	3.32±0.44a

1) Means followed by different letters within the same column significantly differ at $P \leq 0.05$, by Duncan's new multiple range test.

表六 不同溫度下琉球青斑蝶幼期各齡之體長

Table 6. Body length of each instar larva of *Radena similis similis* Linnaeus at various temperatures

Temp (°C)	Body length (mm) ¹⁾ of larval stage				
	1st	2nd	3rd	4th	5th
20	3.11±0.27ab	5.29±0.64c	8.80±0.97b	14.34±1.83ab	21.58±1.86a
25	3.22±0.38a	5.85±0.94b	8.87±1.00b	14.46±1.64a	21.29±1.58a
30	2.99±0.22b	7.12±1.03a	10.86±1.68a	13.67±1.20b	20.08±1.60b

1) Means followed by different letters within the same column significantly differ at $P \leq 0.05$, by Duncan's new multiple range test.

別。

另一方面，在不同定溫度下，琉球青斑蝶幼蟲各齡期的體長變化結果於表六。剛孵化第一齡幼蟲在 30°C 的體長較短，與 25°C 有顯著性差異；並且第二、三齡幼蟲在 30°C 體長較 20 或 25°C 長；至第四、五齡幼蟲時，30°C 體長則較 20、25°C 短，並有顯著性差異。由此結果顯示，30°C 在第二、三齡幼蟲階段時，因溫度高，發育快，體長較長，至末齡幼蟲時發育時間短，故體長較短。

(四) 蛹重、蛹長、蛹寬及成蝶翅長、翅寬

不同溫度下，所飼養之琉球青斑蝶的蛹重、蛹長、蛹寬及成蝶翅長、翅寬之結果如表七。在三種溫度飼養下，蛹重明顯地隨溫度上升而降低，以 20°C 時為 0.77 g 最重，30°C 時降為 0.55 g，二者相差 0.22 g。蛹長在三種溫度下有些差異，但蛹長度介於 18.58~19.73 mm 之間；蛹寬度在 9.50~9.95 mm 之間，

相差不多。但成蝶的翅長在 30°C 明顯較 20、25°C 短，且之間存在顯著差異；翅寬亦為同樣的情況。由此可知，在 30°C 條件下，琉球青斑蝶的蛹重量最輕，所以羽化之成蟲的翅長、翅寬較短且小，即成蝶體型較另二個溫度處理時小。

二、幼蟲期之食葉量

在不同定溫下，琉球青斑蝶幼蟲各齡期取食鷓萵葉的葉面積如表八。於 20、25、30°C 下，第一至三齡幼蟲的食葉量並無差異；但至第四齡幼蟲時，30°C 與 20、25°C 的食葉量有顯著性差異，且 30°C 食葉量約為 20°C 時的一半；至末齡幼蟲於三種溫度之間更具顯著性差異，如 30°C 之食葉量為 102.18 cm²，而 20°C 為 180.18 cm²，二者相差 78 cm²；以幼蟲期的總食葉量來看，20、25、30°C 分別為 221.74、191.67、129.25 cm²，三者間有顯著

表七 不同溫度下琉球青斑蝶的蛹重、蛹長、蛹寬及成蟲翅長和翅寬

Table 7. Weight, body length, and body width of pupae, and wing length, and width of adults of *Radena similis similis* Linnaeus at various temperatures

Temp (°C)	Measurement of pupa ¹⁾			Measurement of adult ¹⁾	
	Weight (g)	Body length (mm)	Body width (mm)	Wing length (mm)	Wing width (mm)
20	0.77±0.11a	19.73±0.96a	9.59±0.50b	44.54±2.49a	30.62±1.59a
25	0.70±0.10b	18.89±0.95b	9.50±0.42b	43.57±2.00a	29.31±1.52b
30	0.55±0.12c	18.58±1.17b	9.95±0.60a	40.95±2.52b	28.83±2.51b

1) Means followed by different letters within the same column significantly differ at $P \leq 0.05$, by Duncan's new multiple range test.

表八 琉球青斑蝶幼期各齡之食葉量

Table 8. Leaf consumption area of each instar larvae of *Radena similis similis* Linnaeus at various temperatures

Temp (°C)	Leaf consumption area (cm ²) ¹⁾ of larval stage					
	1st	2nd	3rd	4th	5th	Total
20	1.44±0.77a	2.54±1.02a	7.49±1.78a	30.09±9.85a	180.18±36.02a	221.74±37.05a
25	1.56±0.76a	2.86±1.24a	8.04±3.63a	26.25±8.26a	152.96±24.53b	191.67±22.55b
30	1.73±0.80a	3.39±1.11a	5.36±4.00a	16.59± 6.91b	102.18±16.98c	129.25±13.22c

1) Means followed by different letters within the same column significantly differ at $P \leq 0.05$, by Duncan's new multiple range test.

性差異，且隨溫度升高而食葉量減少。由此結果顯示，三種處理皆隨著齡期增加，食葉量亦增多，尤其在末齡幼蟲的食葉量增加最多。

討 論

一、溫度對琉球青斑蝶各蟲期生長、發育之影響

昆蟲是變溫動物，保持和調節體內溫度能力不強，故環境溫度直接或間接影響昆蟲的生長、發育、生存、形態、行為、數量及分布。琉球青斑蝶在臺灣全年可見成蟲在飛翔，尤其南部於冬天、北部於春天之數量非常多，而且冬天時會集體飛至南部「紫蝶幽谷」(Chen, 1977; Lee and Wang, 1997)，為臺灣產青斑蝶類中最為常見者。

(一)琉球青斑蝶之存活率

據 Tung (1991)研究樺斑蝶的生物學，飼育在 20、24 及 28°C，12L: 12D，80~85% RH 時的孵化率分別為 94.87、100、98.33%，而本試驗琉球青斑蝶在 20、25 及 30°C 之孵化率分別為 88.3、80.0 及 76.7%，隨著溫度上升而降低，與樺斑蝶之結果有差異；且樺斑蝶由卵至成蟲之存活率為 41.2、81.67 及 75%，是隨著溫度上升而存活率升高，以 24~28°C 最好，但琉球青斑蝶在 20、25 及 30°C 時，其存活率分別為 73.3、66.7 及 53.3%，隨著溫度升高而降低，以 20°C 之存活率較佳，雖然這二種蝶類皆為取食乳草(milkweed)之斑蝶類，但二者結果差異很大。由孵化率得知，樺斑蝶的受精率較本試驗琉球青斑蝶高；但樺斑蝶在 20°C 時，卵至成蟲之存活率卻低於琉球青斑蝶，二者相差 32.1%，可能是種類、食物或試驗時間不同所致，有待更進一步探討。根據結果可知，琉球青斑蝶幼蟲在三種溫度處理下，只有 30°C 在第一齡幼蟲死亡率較高外，其餘

存活率皆達 91.5% 以上，由此可知，此蝶在幼蟲期的存活率很高。

(二)琉球青斑蝶各蟲期發育

在發育方面，據 Wei and Yang (1991) 在 28±1°C，80~85% RH 及 12L: 12D 下飼養琉球青斑蝶之結果，卵期為 3 日，幼蟲期分為一至五齡，各齡發育期分別為 3.39、2.12、2.73、3.81 及 8.0 日，蛹期 9.55 日，由卵至成蟲羽化所需日數為 29.18 日；一至五齡幼蟲之體長，分別為 3.23、6.72、9.96、16.03 及 25.05 mm；幼蟲頭殼寬度，分別為 0.5、0.75、1.02、1.65 及 2.75 mm；又觀察 22 個蛹，蛹長平均 16.86 mm、蛹寬平均 9.61 mm、蛹重 0.4808 g，雄蝶翅長平均為 44.4 mm，雌者為 45.5 mm；與本試驗飼養 25~30°C 之結果比較，發現其四、五齡之幼蟲發育期長於本試驗結果，尤其第五齡者長 4 日之久，其餘卵期、第一至三齡幼蟲期、蛹期及卵發育為成蟲日數與本試驗之結果相近。而幼蟲期體長在四、五齡時較本試驗長，可能是幼蟲發育期長，故幼蟲期體長亦較本試驗長；但幼蟲頭殼寬度皆較本試驗之結果小，尤其在第五齡時小了 0.56 mm 之多，可能是測量方式不同所造成差異，而蛹長、蛹寬及成蝶翅長、翅寬皆與本試驗之結果相吻合，但蛹重較本試驗輕，可能是供給食物的營養所致。

Lee and Chang (1988) 在夏季觀察琉球青斑蝶，卵期為 3~5 日，幼蟲期 23~29 日，蛹期 7~12 日與本試驗在 30°C 之結果，卵期 2.98 日、幼蟲期 11.94 日及蛹期 8.03 日比較幼蟲期相差有 10 日之多，因未說明其飼養條件，且變溫與恆溫亦有可能是導致差異。Lee and Wang (1998) 在 24~26°C，80~85% RH 條件下，飼育琉球青斑蝶之結果，卵期 3 日，幼蟲期 23 日，蛹期 7 日，卵至成蟲為 33 日，與本試驗 25°C 之結果，卵期相符合，但幼蟲

期較本試驗 15.66 日長 7 日，而蛹期卻縮短了 2.49 日；卵至成蟲之發育期需要多 4 日；而 Tsai (1985) 量測翅長為 43~50 mm，與本試驗結果相近。

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 (Morita and Tojo, 1985)。故由頭殼寬數據發現，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，其結果與斜紋夜蛾的情形相似。且在 20、25 °C 下飼養，皆有發現其四齡幼蟲體長已達五齡體長，四齡蟲後就化蛹，以 20 °C 四齡蟲出現比例較高為 8.5%。在鱗翅目昆蟲，常因環境不適宜而增加齡期或滯育等延長幼蟲期，但縮短齡期的情形較少見，卻在大白斑蝶 (*Idea leuconoe clara*) 亦有此現象 (Ou-Yang and Chen, 1999)，因此是否和取食量、溫度、營養代謝有關，仍需待進一步研究。

二、幼蟲期之食葉量

Wei and Yang (1991) 在 28±1 °C 下以鷓鴣菜飼養琉球青斑蝶幼蟲，幼蟲期的總食葉量為 163.4 cm²，以第五齡幼蟲食葉量 115.2 cm² 為最多，佔總食葉量 70.5%；而本試驗在 25 °C 幼蟲期的總食葉量為 191.67 cm²，以第五齡幼蟲食葉量為 152.96 cm² 最多，佔總食葉量 79.8%；在 30 °C，幼蟲期的總食葉量為 129.25 cm²，亦以第五齡幼蟲食葉量為 102.18 cm² 最多，佔總食葉量 79.1%。由上述可知，本試驗結果與其相符。三種處理皆以末齡幼蟲食葉量大於其它各齡期幼蟲大致相同，並且在溫度由 30 °C 降低至 20 °C 時，因平均發育日數的增加，故幼蟲取食日數亦增加，使得食葉量也增加，以做為化蛹所需之能量。

由以上之結果可知，此蝶幼蟲的食葉量在末齡幼蟲時達最大，故以人工飼育時，在末齡幼蟲應供給充足之食物，以免食物不足而影響幼蟲的發育。另外，根據試驗所得幼蟲期的總食葉量，可估計一盆鷓鴣菜能飼養的幼蟲數目，以用於提供人工飼育繁殖之參考。

本試驗已建立琉球青斑蝶於 20~30 °C 飼養結果，在試驗溫度內，隨著溫度上升，此蝶的發育速率隨之增加，了解其發育情形，可依據這些數據進行飼育繁殖。由試驗結果，在溫度為 25 °C 下人工飼育較好，琉球青斑蝶由卵發育至成蟲所需的時間為 28.88 日；在此溫度範圍內，完成生長發育的發育臨界低溫為 8.9 °C，有效積溫為 480.12 日度。故若食物來源充足，一年可繁殖 10 代以上。

由試驗結果證明，此蝶幼蟲進入末齡時，頭殼寬度達一定閾值才會化蛹。根據本種幼蟲食葉量之結果，能估算飼育繁殖定量蟲數時所需的植物葉片量，此可進一步將本種做為應用於教學上之題材，改變多年以來，一直以蠶蛾為自然觀察之唯一教材。雖然無論就蠶蛾或琉球青斑蝶而言，其食草皆屬天然飼料，易受氣候影響，即使前者早已開發完成人工飼料，但基於許多因素考量，飼育時多用天然食草。而琉球青斑蝶在人工飼料尚未研發成功前，維持足量的食草植物是非常重要的，這些皆為大量繁殖時要克服的問題。此篇報導主要是針對溫度對琉球青斑蝶各蟲期生長發育的影響及取食量之探討，但未來對此蝶室內飼養繁殖技術，以及其生物特性方面，仍有待更進一步的研究。

誌 謝

本試驗承王俊凱、楊景堯、鄭韋佑先生及蘇慧珊小姐協助試驗；資料統計分析承應用動

物系陳銘正博士幫忙，謹此誌謝。

引用文獻

- Ackery, P. R., and R. I. Vane-Wright.** 1984. Milkweed Butterflies. Cornell Univ. Press, New York, 425 pp.
- Chang, B. S. and P. C. Tsai.** 1984. The World of Taiwanese Butterflies. Vacation Publishing, Taipei, 177 pp (in Chinese).
- Chang, Y. J.** 1998. Illustration of Insects. Yuan-Liou Publishing, Taipei, 367 pp. (in Chinese).
- Chao, L., and H. Y. Wang.** 1997. Lepidoptera of China 3: Papilionidae, Danaidae, Pieridae, Amathusiidae. Taiwan Museum, Taipei, 445 pp (in Chinese).
- Chen, C. C.** 1994. The Name-list of Insecta (above Family Level) with Chinese Common Name. Chinese J. Entomol. Special Publication no. 9, The Entomological Society of the Republic of China, Taipei, 40 pp (in Chinese).
- Chen, W. S.** 1977. Taiwan's Butterflies. Harvest Farm Magazine, Wen- Cjlo Street, Taipei, 164 pp. (in Chinese).
- Hamano, E.** 1987. Ecological Encyclopedia of Taiwanese Butterflies. Newton Publishing, Taipei, 474 pp (in Chinese).
- Lee, J. Y., and Y. C. Chang.** 1988. The Illustrations of Butterflies in Taiwan. Taiwan Museum, Taipei, 142 pp (in Chinese).
- Lee, J. Y., and H. Y. Wang.** 1995. The Illustrations of Butterflies on Kinmen and Matsu Islands. Taiwan Museum, Taipei, 342 pp (in Chinese).
- Lee, J. Y., and H. Y. Wang.** 1997. Migration and Overwinter Aggregations of Nine Danaine Butterfly Species in Taiwan. Taiwan Museum, Taipei, 177 pp (in 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.
- Ou-Yang, S. C., and S. C. Chen.** 1999. The life history of Giant Danaine Butterfly, *Idea leuconoe clara* (Butler). J. Taiwan Mus. 52: 13-26.
- Tsai, P. C.** 1985. Introduction to the Ecology of Butterflies. Kenting National Park Education No. 3, 2nd ed. Kenting Publishing, Pingtung, Taiwan, 183 pp (in Chinese).
- Tsou, Z. L.** 1980. Insect Ecology. Shanghai Science and Technology, Publishing Co., Shanghai, 424 pp (in Chinese).
- Tung, W. T.** 1991. The Biology of Pain Tiger, *Anosia chrysippus* (Linnaeus): The Behavior of Oviposition, and Developmental Stage. MS. thesis, National Taiwan University, Taipei, 71 pp (in Chinese).

Wei Y. S. 1995. Ecological and Habit Studies of Adult Blue Tigers (Lepidoptera: Nymphalidae, Danaeinae) in Tatun Mountains. PhD. dissertation, National Taiwan University, Taipei, 171 pp (in Chinese).

Wei Y. S., and P. S. Yang. 1991. Ecological Studies of Adult Blue Tigers in

Yangming-Shan National Park. Construction and Planning Administration Ministry of Interior, Yangming-Shan National Park, Taipei, 77 pp (in Chinese).

收件日期：2002年8月13日

接受日期：2002年9月18日

Effect of Temperature on the Development of *Radena similis similis* L. (Lepidoptera: Danaidae)

Su-Chiung Chen* Department of Horticulture, National I-lan Institute of Technology, 1, Sec. 1, Shen-Lung Road, I-lan 260, Taiwan, R.O.C.

Sheng-Chih Ou-Yang Department of Zoology, National Taiwan Museum, 48 Hsueh Road, Taipei 100, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

In the present study, fresh eggs of *Radena similis similis* Linnaeus were collected from the host in a net room. The fresh eggs were placed in a growth chamber under conditions of 20, 25, and 30 °C, with 80±5% RH and a photoperiod of 13-h light and 11-h darkness. Hatching larva were reared with leaves of *Tylophora ovata* individually for the series of observations on the development of the butterfly. The results are summarized as follows. The hatching rate decreased as the temperature rose from 20 to 30 °C. The highest survival rate from egg to adult was observed at 20 °C (73.3%). At various temperatures, the longest duration from egg to adult was found to be at 20 °C, the shortest at 30 °C. The duration from egg to adult at 20 °C was twice that at 30 °C. Duration in days decreased as the temperature increased from 20 to 30 °C. The lower development threshold temperatures for the development of eggs, 1st to 5th instar larva, and pupae were estimated to be 10.2, 7.8, 11.2, 7.9, 8.6, and 9.2 °C, respectively. The accumulated effective temperatures for the egg, 1st to 5th instar larva, and pupae were 57.07, 49.69, 40.13, 32.91, 49.90, 84.65, and 160.87 day-degrees, respectively. It required 480.12 day-degrees for development from egg to adult. Third to 4th instar larva significantly differed in width of the head capsule at various temperatures, but, that of 5th instar larvae did not significantly differ. Those larva with head capsules wider than 3.21 mm were destined to become pupae at the next ecdysis. Leaf consumption of each instar larva was calculated. Leaf areas consumed at 20, 25, and 30 °C were 221.74, 191.67, and 129.25 cm², respectively. The results can provide some information for educational materials and mass production of this butterfly.

Key words: *Radena similis similis*, temperature, development, leaf consumption