

樺斑蝶(*Danaus chrysippus* L.)在兩種寄主植物上之表現¹

王妃蟬²、黃紹毅³

摘 要

樺斑蝶(*Danaus chrysippus* L.)為臺灣常見蝶類，其寄主植物為馬利筋(*Asclepias curassavica* L.)及釘頭果(*A. fruticosa* L.)。於樺斑蝶一齡幼蟲取食偏好試驗中發現，其對於兩種寄主植物並無取食行為上之偏好。產卵偏好試驗中發現，樺斑蝶雌成蟲對馬利筋具有產卵偏好，於馬利筋上的卵粒數為釘頭果之2倍以上。於長期餵食試驗中發現，取食釘頭果的樺斑蝶幼蟲期較短，且幼蟲平均生長速率較快；此外，取食釘頭果的樺斑蝶，其蛹及成蟲重量均較取食馬利筋之樺斑蝶重，且成蟲翅長也明顯較長。本實驗中所有供試植物的化學成份分析結果，馬利筋的含水量均高於釘頭果，故推測寄主植物含水量較高會影響幼蟲的消化效率，進而影響幼蟲的生長發育。而兩寄主植物的奮心配醣體含量高低並不穩定；含量較高可能會影響雌蟲的大小，但不影響幼蟲的生長發育的情形。

關鍵字：樺斑蝶、馬利筋、釘頭果、奮心配醣體、產卵偏好。

前 言

大多數的斑蝶類對其寄主植物具有高度之專一性，且相近種類的蝴蝶會取食相近種類的寄主植物；其中植物的次級代謝物對於蝴蝶與其寄主植物間的共同演化關係中扮演重要的角色⁽¹³⁾。

樺斑蝶(*Danaus chrysippus* L.)主要分布於熱帶及亞熱帶地區，在臺灣則分佈於全島，全年皆可發現。目前樺斑蝶於臺灣的食草紀錄僅有蘿藦科(Asclepiadaceae)的馬利筋(*Asclepias curassavica* L.)及釘頭果(*A. fruticosa* L.)兩種⁽¹⁾。蘿藦科植物因具有白色乳汁，所以亦被稱為乳草植物(milkweeds)，其乳汁中含有有毒的次級代謝物質－奮心配醣體(cardenolides)。取食乳草植物的斑蝶幼蟲，如帝王蝶(*Danaus plexippus* L.)及樺斑蝶，可將從寄主植物中所獲得的奮心配醣體累積儲存於其體中^(4,16,26)，並可作為化學防禦物質以避免天敵的攻擊^(21,22,28,29)。但奮心配醣體對於斑蝶仍是具有毒性；如帝王蝶的一齡幼蟲，若取食的寄主植物中乳汁及奮心配醣體含量較高，其生長發育會受到影響，且存活率降低^(23,30)。此外，不同種的蘿藦科植物中奮心配醣體含量有所不同，對於斑蝶幼蟲的生長發育及其對奮心配醣體累積能力亦會造成影響^(5,7,8,24,25)。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第0742號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

³ 國立中興大學昆蟲學系教授。

本研究目的在探討在臺灣樺斑蝶與其寄主植物間的關係。首先，比較樺斑蝶對馬利筋及釘頭果是否具有雌成蟲產卵及幼蟲取食的偏好性；另以長期餵食試驗探討樺斑蝶幼蟲及成蟲於兩種不同食草的生長發育等表現上是否具有差異，及其與寄主植物間的化學成份差異之關係探討。

材料與方法

供試植物的栽培

供試植物為馬利筋及釘頭果。馬利筋利用扦插或種子繁殖，種植於自然光照的溫室。釘頭果利用種子繁殖，同樣置於溫室種植，光照條件與馬利筋相同。約一至二星期以花寶二號(20-20-20, HYPONEX) 1,000倍施肥一次。另外於戶外種植馬利筋及釘頭果，作為樺斑蝶繼代時幼蟲之食草來源。

樺斑蝶的飼育

樺斑蝶的蟲源採自高雄縣彌陀鄉，以產卵羽化後之F1子代開始進行試驗。繼代時將樺斑蝶幼蟲，置於60×60×60 cm³的昆蟲飼養帳棚中，以剪枝插水之馬利筋及釘頭果混合餵食，待其化蛹。樺斑蝶之成蟲羽化後，將其置於戶外90×90×180 cm³的蟲箱中飼養。蟲箱中放置摻有刺激取食之黃色色素⁽¹⁹⁾的20%濃度糖水取食器，此外並放置馬利筋及馬櫻丹等蜜源植物提供其取食，以及兩種寄主植物供其產卵。成蟲羽化後第4至5天開始交配，交配後約3天會產卵。卵期約2天，一齡幼蟲剛孵化後將其帶回實驗室以進行試驗。

一齡幼蟲取食選擇試驗

為瞭解樺斑蝶幼蟲對於兩種不同食草的取食偏好性，故利用剛孵化之一齡幼蟲進行試驗以避免取食經驗之影響。本試驗共40重複，每重複5隻幼蟲。實驗時將幼蟲移至培養皿(直徑14 cm，高1.5 cm)的中線上，左右兩端隨機放置約等量的兩種不同食草。三小時後觀察於不同食草上取食的幼蟲數量，計算幼蟲選擇兩種不同食草的百分比。試驗於26°C，光照12D:12L之昆蟲生長箱中進行。

雌成蟲產卵偏好選擇試驗

本試驗目的為比較樺斑蝶對於兩種不同寄主植物是否有會產卵的偏好性。成蟲羽化後以透明圓形塑膠盒(直徑9.5 cm，高6 cm)單隻飼養，每日供給20%的糖水。羽化後第4或5天，將成蟲移至戶外90×90×180 cm³的蟲箱給予交尾機會，時間為早上十點至次日下午五點。於雌蟲羽化後第七或八天進行產卵試驗。本試驗共15重複，每重複3隻雌成蟲。試驗時將供試成蟲移入60×60×60 cm³的帳棚內，並隨機放置馬利筋及釘頭果枝條(高約25~30 cm，插於水杯)各一以供成蟲產卵選擇；記錄時間為上午十點至下午五點，試驗後計算於不同寄主植物上卵數的百分比。

食草馬利筋與釘頭果對幼蟲生長之影響

本試驗利用長期餵食試驗來評估於樺斑蝶幼蟲取食兩種不同食草—馬利筋及釘頭果的葉片，對於其生長及發育是否有差異。先採集於兩種不同寄主植物上剛孵化尚未取食的一齡

幼蟲，分別將其單隻飼養於直徑9.5 cm，高6 cm的透明圓形塑膠盒內。試驗分為兩組，各30重複，一組供給馬利筋葉片，另一組供給釘頭果葉片，將葉片插於吸水海綿上以供幼蟲取食；所有供試幼蟲於定溫箱中飼養(光照12L：12D；26°C)。幼蟲移入後自第二天開始記錄其每日體重變化，以及幼蟲由孵化、化蛹至羽化的發育日數；另外測量化蛹後第一天之蛹重、蛹便排出後之成蟲重量以及成蟲右翅基部至翅頂的長度。此外並記錄兩組分別之死亡率及羽化率。實驗結果計算取食不同食草的樺斑蝶幼蟲個別生長率(growth rate)=(pupal weight - hatching weight)/ larval time，代表幼蟲個體每日增加的平均重量⁽¹⁷⁾。剛孵化的幼蟲重量是以十隻剛孵化的一齡幼蟲之平均重量，測得的平均重量為0.016 mg。另外計算重量喪失率(proportion weight loss)。Proportion weight loss=1-(adult weight / pupal weight)⁽¹⁵⁾，用以計算羽化後成蟲損失重量比率。

另外，於實驗進行期中採集兩種供試植物的葉片進行成份分析，共採集兩次，每種植物每次採集四重複。採集之葉片冷凍乾燥後進行成份分析。目的為進一步探討兩種植物中是否有影響樺斑蝶幼蟲生長及發育之因子。

植物成分分析

長期餵食試驗中的葉片樣品以液態氮冷凍，再以冷凍乾燥機(Christ, L-1)乾燥處理72 hr，乾燥後將樣品研磨成粉末並置於-20°C中保存。所有樣品測量其含水量，另分析其含氮量及奮心配醣體含量。

(一)含水量測定

採新鮮葉片秤重及記錄之，而後置於紙袋內，浸入液態氮約3分鐘，之後將冷凍後之葉片組織置於乾燥機(Christ, L-1)內真空乾燥5天，之後取出秤重，計算葉片之含水量。公式如下：

$$\text{含水量}=(1-\text{葉片乾重}/\text{葉片溼重})\times 100\%$$

(二)含氮量測定

樣品利用Standard Micro-Kjedahl Assays來測定含氮量⁽²⁷⁾。先秤取待測樣品50 mg，將樣品倒入於耐熱分解管(Foss Tecator, 10000158)後加入4 ml 的digestion mixtures反應30 min，反應後移至200°C加熱板上加熱30 min，隨後加熱至380°C反應150 min移出熱源，約30 min回到室溫。降溫後每管加入蒸餾水稀釋至75 ml，稀釋後樣品裝瓶置於室溫保存。測定樣品氮濃以下列試劑反應：500 µl待測樣品；4.5 ml PVA溶液(Polyvinyl alcohol solution)；200 µl的Nessler reagent (Hach, 21194-49)。加入所有藥品後震盪以混合均勻，10 min後以spectrophotometer (Spectronic Unocam, GenesyTM5)，460 nm測其吸光值。以glycine p-toluene-sulfonic acid (glycine p-TSA; 5.665%N；Hach, 22780-24)取得標準曲線。Digestion mixtures：將350 ml 的30% Hydrogen peroxide (RDH, 18312)、14 g的Lithium sulfate (Sigma, L-6375)以及0.4205 g的Selenium powder (Alfa, 10601)倒入1,000 ml的三角瓶中，置於冰浴緩緩加入420 ml的濃硫酸，混合均勻後儲存於4°C。PVA溶液的配置：將0.1 g的polyvinyl alcohol (Sigma, P-8136)倒入1000 ml的頸型瓶中，加入600 ml的蒸餾水，完全溶解後再稀釋至1,000 ml，可儲藏於室溫一星期。

(三) 奮心配醣體總量分析

測量時取葉片樣品50 mg加入2 ml的95%酒精進行萃取，置於4°C中萃取隔夜。隔天，將樣品置於超音波震盪機(Branson 8200, U.S.A)震盪30 min，並置於冰浴以維持低溫；之後取出利用離心機(MSE, MINOR)以2,500 rpm離心10 min。離心後取出上清液震盪混合。奮心配醣體的濃度利用spectrophotometer (Spectronic Unocam, Genesy™5) 622 nm測其吸光值，以digitoxin當作標準品^(18,20)。樣品奮心配醣體含量測試：取0.5 ml的萃取液，分別加入0.8 ml的95%酒精，1.0 ml的0.15% TNBP溶液(溶於95%酒精)，0.2 ml的0.1 M NaOH溶液(溶液為50:50；水:95%酒精)。另外，空白試驗加入1.0 ml的95%酒精代替0.15%TNBP溶液。將所有藥品加入後震盪混合均勻反應40 min，測吸光值。測得的奮心配醣體濃度換算為每0.1 g樣品中所含奮心配醣體的微克重($\mu\text{g}/0.1\text{ g}$)。

TNBP的製造⁽⁶⁾：取10 g的2,2'-dinitrodiphenyl (Merck, S29766-946)及100 ml的發煙硝酸(fuming nitric acid; Merck, 100455)，倒入1000 ml的圓底燒瓶，隔水加熱至80°C，再加入100 ml的濃硫酸(RDH, 30743)及100 ml發煙硝酸，加上冷凝管加熱1小時，移除熱源。待回到室溫後，將溶液緩緩倒入冰浴中，沉澱物析出後抽氣過濾，所得的黃色沉澱物以熱硫酸回溶再結晶，共四次。

統計分析

樺斑蝶一齡幼蟲於兩種寄主植物的取食偏好、雌成蟲的產卵偏好、長期餵食試驗結果，以及葉片成份分析中含水量、含氮量和奮心配醣體含量之結果，先計算其平均值及標準差，再利用*t*-test (SAS)進行分析以比較於兩種植物上之差異。

結果與討論

幼蟲取食偏好及雌成蟲產卵偏好

以一齡幼蟲進行取食偏好試驗，結果顯示一齡幼蟲對馬利筋及釘頭果兩種寄主植物，於取食行為上並無明顯之偏好($p>0.05$)(表一)，故推測對無取食經驗的一齡幼蟲而言，兩種食草均可被接受，而其取食的位置，主要應受成蟲產卵位置選擇所影響。此外，於本試驗中發現，45%的一齡幼蟲有聚集取食之現象。幼蟲聚集取食行為被認為有許多益處，如增加取食的效率、減低天敵之攻擊機會或是溫度調節之作用；而大多數鱗翅目一齡幼蟲的聚集行為可促進其取食效率⁽³¹⁾。就樺斑蝶而言，其捕食性天敵鳥類大多取食老熟之幼蟲，故推測樺斑蝶一齡幼蟲的聚集取食行為與天敵無關，而與促進取食效率有關。

依產卵偏好試驗結果顯示，樺斑蝶雌成蟲對於馬利筋具有明顯的產卵偏好($p<0.001$)(表一)。於馬利筋及釘頭果上之卵數分別為 19.6 ± 4.04 粒及 7.9 ± 1.92 粒，馬利筋植株上卵數的百分比約為釘頭果的2倍。另外，供試植株放置的位置對產卵的偏好並無影響($t = -0.3203$; $p>0.05$)。實驗中發現雌蟲喜歡產卵於馬利筋之葉背，且於同一葉片上會有很多卵粒；但於釘頭果上則喜歡分散產於不同葉片之葉背以及花苞上。

表一、樺斑蝶(*D. chrysippus* L.)一齡幼蟲及雌成蟲對兩種寄主植物(馬利筋及釘頭果)之取食及產卵偏好

Table 1. First-instar *D. chrysippus* feeding preference and oviposition preference of female butterflies between two host plants, *A. curassavica* L. and *A. fruticosa* L.

Host plant	First-instar preference (%)	Oviposition preference (%)
<i>A. curassavica</i> L.	47.50±4.22	69.44±5.56
<i>A. fruticosa</i> L.	49.25±4.52	30.56±5.56
<i>P</i> value	0.607	<0.001

Those values were transformed to arsin values when analyzed by t-test.

雖樺斑蝶對於馬利筋有產卵偏好，但兩寄主植物的奮心配醣體含量無顯著差異(表二)。對空間被限制的帝王蝶而言，於不同寄主植物間的產卵選擇，奮心配醣體含量的高低不是一重要因子⁽¹²⁾。因此，就我們與前人的研究結果可以推測，樺斑蝶可能亦不以寄主植物間奮心配醣體含量的高低作為產卵依據。依葉片成分分析結果，馬利筋葉片的含水量較釘頭果葉片的含水量高約7%，且具有顯著差異($p < 0.001$)，故推測寄主植物間含水量的差異是否可能為影響樺斑蝶產卵選擇的因子之一。除此之外，其它未被探討的因子也可能會影響樺斑蝶之產卵選擇。例如刺激帝王蝶產卵的類黃酮配醣體，於馬利筋及釘頭果的含量上是否具有差異，而含量的差異對於樺斑蝶產卵行為的影響程度，皆有待進一步之探討。

表二、用於取食及產卵偏好試驗的葉片成份分析

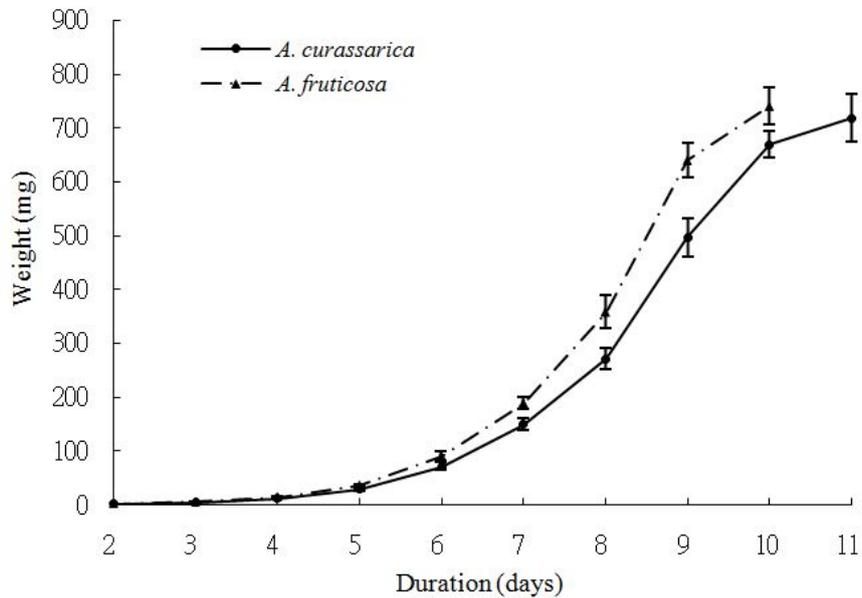
Table 2. Foliage chemistry of two host plants in feeding preference and oviposition preference trials

Food plant	Water (%)	Nitrogen (%)	Cardenolide content (µg/0.1 g Dry Weight)
<i>A. curassavica</i> L.	85.80±0.47	3.47±0.37	494.46±108.62
<i>A. fruticosa</i> L.	78.74±0.67	3.65±0.08	355.88±55.67
<i>t</i> value ¹	7.9277	-0.5826	-1.1353
<i>df</i>	6.0	3.3	6.0
<i>P</i> value	<0.001	0.598	0.300

¹ Water and nitrogen content values were transformed to arsin values when analyzed by t-test.

食草馬利筋與釘頭果對幼蟲生長之影響

比較樺斑蝶幼蟲取食馬利筋及釘頭果葉片後，依幼蟲期之生長發育情形結果顯示，取食釘頭果的樺斑蝶幼蟲生長較好，且幼蟲期也較短(圖一)。若以幼蟲每日重量變化的結果來看，取食釘頭果的幼蟲每日平均重量均較取食馬利筋之幼蟲重；於第9天(約五齡蟲末期)的差異最大，取食釘頭果的幼蟲其平均重量較取食馬利筋的幼蟲重約142.96 mg ($P < 0.01$)。



圖一、取食兩種不同食草的樺斑蝶幼蟲生長情形比較。

Fig. 1. Growth of plain tiger (*Danaus chrysippus* L.) larvae on two different host plants, *Asclepias curassarica* L. and *A. fruticosa* L.

於長期餵食試驗的結果發現，餵食釘頭果的樺斑蝶其幼蟲期較短、生長速率較快、蛹重較重以及成蟲個體較大且重(圖一、表三)。而由幼蟲的平均生長速率結果發現，取食釘頭果的樺斑蝶幼蟲可獲得較好之生長，平均其每日增加的重量較取食釘頭果的幼蟲高約12%。依長期餵食試驗結果推測，樺斑蝶對於釘頭果的利用表現較佳，其中兩植物的含水量及奮心配醣體含量差異(表四)，可能為影響樺斑蝶幼蟲生長發育之因子。但樺斑蝶利用含水量較低、奮心配醣體含量較高的釘頭果卻有較好的生長速率及表現，此結果與一般其他昆蟲的情形相反。於一些鱗翅目昆蟲，例如 Black cutworm (*Agrotis ipsilon*)、與螞蟻互利共生的 Myrmecophilous butterfly (*Polyommatus icarus*)及 *Spodoptera exigua*，取食的食物含水量較高其幼蟲的生長速率較好^(9,14,28)。一般而言，植物的特性會受到含水量及施肥所影響，而這些特性的變化又會造成草食性昆蟲生長速率的改變⁽¹⁰⁾；所以我們只能推測釘頭果含水量較低所造成的特性對樺斑蝶生長發育有利。另外，釘頭果的奮心配醣體含量很高卻不影響樺斑蝶幼蟲的生長發育，所以推測樺斑蝶幼蟲代謝或累積奮心配醣體所耗費之能量應不影響其生長發育。除此之外，應有其他未探測之因子可能會影響樺斑蝶之生長發育，如碳水化合物、脂質等營養成份，這些物質對許多草食性昆蟲幼蟲的表現有重要影響⁽³⁾。然而馬利筋及釘頭果的碳水化合物、脂質含量是否有差異及其影響程度，皆有待進一步探究。另外，釘頭果葉片中的奮心配醣體含量為馬利筋葉片含量的1.3倍，且具有明顯之差異($p < 0.05$)；此結果與取食及產卵偏好中的供試葉片成份分析的結果相反。

表三、樺斑蝶於兩種不同食草的長期餵食表現

Table 3. Performance of *D. chrysippus* L. on the long term feeding trials

Host plant	Laval time (days)	Pupal time (days)	Larval and Pupal time (days)	Pupae weight (mg)	Adult weight (mg)	Forewing length (mm)	Weight loss (%)	Growth rate (%/day)
<i>A. curassavica</i> L.	10.54±0.12	7.12±0.09	17.14±0.41	560.40±13.78	228.79±7.82	38.14±0.33	58.87±0.71	53.28±1.32
<i>A. fruticosa</i> L.	9.83±0.11	7.23±0.12	16.96±0.18	638.01±10.68	272.77±8.21	40.2±0.32	57.35±0.87	65.10±1.21
<i>t</i> value ¹	-4.3149	0.8076	-0.402	4.4708	3.8811	4.4507	1.3357	-6.5218
<i>df</i>	55.0	50.0	36.7	55.0	50.0	44.0	50.0	55.0
<i>P</i> value	<0.001	0.423	0.690	<0.001	<0.001	<0.001	0.188	<0.001

¹Weight loss and growth rate values were transformed to arsin values when analyzed by t-test.

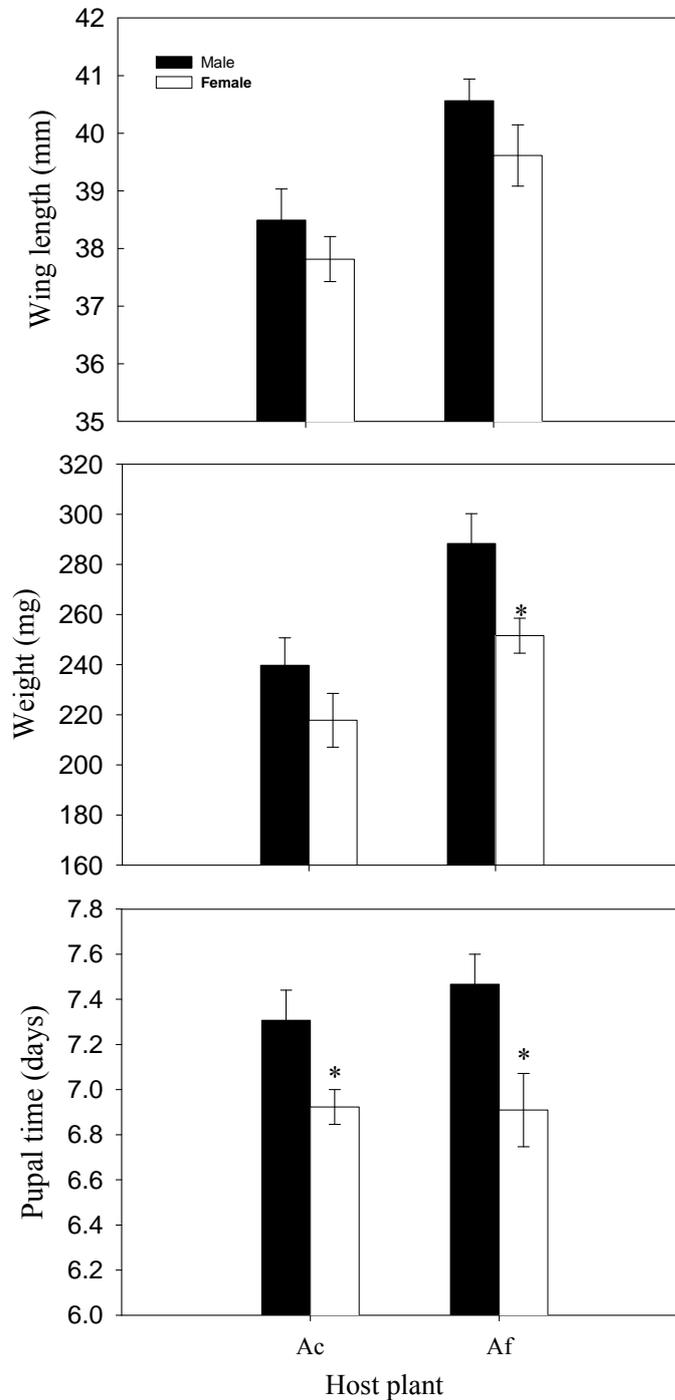
表四、用於長期餵食試驗中供試植物的成份分析

Table 4. Foliage chemistry of two host plants in long-term feeding trials

Host plant	Water (%)	Nitrogen (%)	Cardenolide content (µg/0.1g Dry weight)
<i>A. curassavica</i> L.	88.31±0.27	3.09±0.12	481.24±23.20
<i>A. fruticosa</i> L.	81.72±0.34	2.75±0.15	631.44±54.34
<i>t</i> value ¹	16.3203	0.4925	2.5421
<i>df</i>	14.0	14.0	9.5
<i>P</i> value	<0.001	0.630	<0.05

¹Water and nitrogen content values were transformed to arsin values when analyzed by t-test.

於長期餵食試驗中亦發現，樺斑蝶幼蟲不論取食馬利筋或釘頭果，其雌成蟲的蛹期明顯地較雄成蟲短($P<0.05$)，且雌成蟲的重量較輕、翅長較短(圖二)。在許多帝王蝶的研究中也發現，雌成蟲的重量較雄蟲輕，且重量差異與雌蟲累積奮心配醣體的濃度較高有關^(11,20,25)。於長期餵食試驗中，取食釘頭果的樺斑蝶其雌蟲與雄蟲的重量差異較明顯($P<0.05$)，而釘頭果的奮心配醣體含量較高，故進一步推測，樺斑蝶雌蟲重量較輕可能也與奮心配醣體的累積有關。另外，雌成蟲的蛹期均較雄成蟲短，此結果與童⁽²⁾的結果相同；一般而言，雌蟲羽化後需要一段時間待卵巢發育成熟才交尾，故推測雌蟲羽化較早可能與雌蟲需要性成熟的時間有關。



圖二、長期餵食試驗中雄成蟲與雌成蟲的翅長、重量及蛹期之比較(Ac：取食馬利筋之樺斑蝶；Af：取食釘頭果之樺斑蝶)。*顯著差異($p < 0.05$)。

Fig. 2. Wing length, adult weight and pupal time for the male and female butterflies in the long term feeding trial. Ac: fed with *A. curassavica* L.; Af: fed with *A. fruticosa* L.

參考文獻

1. 李俊延、王效岳 1997 臺灣蝶類圖說(四) p.371 臺灣省立博物館。
2. 童維德 1991 樺斑蝶之生物學：產卵行為及各蟲期的發育 p.71 國立臺灣大學植物病蟲害學研究所碩士論文。
3. Awmack, C. S. and S. R. Leather. 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 47: 817-844.
4. Brower, L. P. and S. C. Glazier. 1975. Localization of heart poisons in the monarch butterfly. *Science* 188: 19-25.
5. Brower, L. P., M. Edmunds and C. M. Moffitt. 1975. Cardenolide content and palatability of a population of *Danaus chrysippus* butterflies from West Africa. *J. Entomol.* 49: 183-196.
6. Brower, L. P., P. B. McEvoy, K. L. Williamson and M. A. Flannery. 1972. Variation in cardiac glycoside content of monarch butterflies from national populations in eastern north America. *Science* 177: 426-429.
7. Brower, L. P., J. N. Seiber, C. J. Nelson, S. P. Lynch and M. M. Holland. 1984. Plant-determined variation in cardenolide content, thin-layer chromatography profiles and emetic potency of monarch butterflies, *Danaus plexippus* L. reared on milkweed plants in California: 2. *Asclepias speciosa*. *J. Chem. Ecol.* 10: 601-637.
8. Brower, L. P., J. N. Seiber, C. J. Nelson, S. P. Lynch and P. M. Tuskes. 1982. Plant-determined variation in the cardenolide content, thin-layer chromatography profiles, and emetic potency of monarch butterflies, *Danaus plexippus* reared on the milkweed, *Asclepias eriocarpa* in California. *J. Chem. Ecol.* 8: 579-633.
9. Burghardt, F. and K. Fiedler. 1996. The influence of diet on growth and secretion behaviour of myrmecophilous *Polymmatius icarus* caterpillars (Lepidoptera: Lycaenidae). *Ecol. Entomol.* 21: 1-8.
10. Clancy, E. M. and P. W. Price. 1987. Rapid herbivore growth enhances enemy attack: sublethal plant defenses remain a paradox. *Ecology* 68: 733-737.
11. Cohen, J. A. 1985. Differences and similarities in cardenolide content of queen and monarch butterflies in Florida and their ecological and evolutionary implications. *J. Chem. Ecol.* 11: 85-103.
12. Dixon, C. A., J. M. Erickson, D. N. Kellett and M. Rothschild. 1978. Some adaptations between *Danaus plexippus* and its food plant, with notes on *Danaus chrysippus* and *Euploea core* (Insecta: Lepidoptera). *J. Zool. Lond.* 185: 437-467.
13. Ehrlich, P. R. and P. H. Reven. 1964. Butterflies and plants: a study in coevolution. *Evolution* 18: 586-608.

14. English-Loeb, G., M. J. Stout and S. S. Duffey. 1997. Drought stress in tomatoes: changes in plant chemistry and potential nonlinear consequences for insect herbivores. *OIKOS* 79: 456-468.
15. Fischer, K. and K. Fiedler. 2000. Response of the copper butterfly *Lycaena titrus* to increased leaf nitrogen in natural food plants: evidence against the nitrogen limitation hypothesis. *Oecologia* 124: 235-241.
16. Frick, C. and M. Wink. 1995. Uptake and sequestration of ouabain and other cardiac glycosides in *Danus plexippus* (Lepidoptera: Danaidae): evidence for a carrier-mediated process. *J. Chem. Ecol.* 21: 557-575.
17. Gotthard, K., S. Nylin and C. Wiklund. 1994. Adaptive variation in growth rate: life history costs and consequences in the speckled wood butterfly, *Pararge aegeria*. *Oecologia* 99 : 281-289.
18. Harry-O'kuru, R. E. and T. P. Abbott. 1997. Cardenolide analysis of cold-pressed milkweed oil. *Industrial crops and products* 7: 53-58.
19. Hughes, P. R., C. D. Radke and J. A. A. Renwick. 1993. A simple, low-input method for continuous laboratory rearing of the monarch butterfly (Lepidoptera: Danaidae) for research. *Am. Entomol.* 39: 109-111.
20. Lynch, S. P. and R. A. Martin. 1987. Cardenolide content and thin-layer chromatography profiles of monarch butterflies, *Danaus plexippus* L., and their larval host-plant milkweed, *Asclepias viridis* Walt., in Northwestern Louisiana. *J. Chem. Ecol.* 13: 47-70.
21. Malcolm, S. B. 1991. Cardenolide-mediated interactions between plants and herbivores, pp. 251-296. *In* G. A. Rosenthal and M. R. Berenbaum [eds.], *Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites I: The Chemical Participants*. Academic, San Diego.
22. Malcolm, S. B. and L. P. Brower. 1989. Evolutionary and ecological implications of cardenolide sequestration in the monarch butterfly. *Experientia* 45: 284-295.
23. Malcolm, S. B. and M. P. Zalucki. 1996. Milkweed latex and cardenolide induction may resolve the lethal plant defence paradox. *Entomol. Exp. Appl.* 80: 193-196.
24. Malcolm, S. B., B. J. Cockrell and L. P. Brower. 1989. Cardenolide fingerprint of monarch butterflies reared on common milkweed, *Asclepias syriaca* L. *J. Chem. Ecol.* 15: 819-853.
25. Martin, R. A. and S. P. Lynch. 1988. Cardenolide content and thin-layer chromatography profiles of monarch butterflies, *Danaus plexippus* L., and their larval host-plant milkweed, *Asclepias asperula* subsp. *Capricornu* (Woods.) Woods., in North Central Texas. *J. Chem. Ecol.* 14: 295-318.
26. Marty, M. A. and R. I. Krieger. 1984. Metabolism of uscharidin, a milkweed cardenolide, by tissue homogenates of monarch butterfly larvae, *Danaus plexippus* L. *J. Chem. Ecol.* 10: 945-956.

27. Parkinson, J. A. and S. E. Allen. 1975. A wet oxidation procedure suitable for the determination of nitrogen and mineral nutrients in biological material. *Commun. Soil. Sci. and Plant Anal.* 6: 1-11.
28. Reese, J. C. and S. D. Beck. 1978. Interrelationships of nutritional indices and dietary moisture in the black cutworm (*Arrotis ipsilon*) digestive efficiency. *J. Insect Physiol.* 24: 473-479.
29. Reichstein, T., J. von Eum, J. A. Parsons and M. Rothschild. 1968. Heart poisons in the monarch butterfly. *Science* 30: 861-865.
30. Zalucki, M. P. and S. B. Malcolm. 1999. Plant latex and first-instar monarch larval growth and survival on three North American milkweed species. *J. Chem. Ecol.* 25: 1872-1842.
31. Zalucki, M. P., A. R. Clarke and S. B. Malcolm. 2002. Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. *Annu. Rev. Entomol.* 47: 361-393.

Performance of Plain Tiger (*Danaus chrysippus* L.) on two host plants, *Asclepias curassavica* L. and *A. fruticosa* L.¹

Fei-Chen Wang² and Shaw-Yhi Hwang³

ABSTRACT

The Plain tiger, *Danaus chrysippus* L., is a common butterfly found in Taiwan. The objective of this study was to compare the first instar feeding preference, oviposition preference and host plant utilization of Plain tiger on two host plants, *Asclepias curassavica* L. and *A. fruticosa* L. Both oviposition and feeding trials were conducted to evaluate the host plant qualities on performance of this butterfly. The results of first instar feeding trials indicated that first instar *D. chrysippus* has no feeding preference between foliage of these two food plants; but female butterflies prefer to oviposit on foliage of *A. curassavica*. Results of long-term feeding trials showed that larvae fed on foliage of *A. fruticosa* grow faster than those fed on foliage of *A. curassavica*. In addition, pupal weight, adult weight, and adult wing length showed distinct differences between *D. chrysippus* that fed on foliage of different food plants. Foliar chemistry analysis in all trials indicated that water content of *A. curassavica* was significantly higher than that of *A. fruticosa*. However, insects would have low digestibility when fed on foliage of *A. curassavica*. This result suggests that high water content in food plants may cause the decrease in digestibility of larvae. This inference may explain the reason why *D. chrysippus* performs better on foliage of *A. fruticosa* during the long-term feeding trials.

Key words: *Danaus chrysippus* L., *Asclepias curassavica* L., *Asclepias fruticosa* L., cardenolide, oviposition preference.

¹Contribution No. 0742 from Taichung DARES, COA.

²Assistant Entomologist of Taichung DARES, COA.

³Professor of Department of Entomology, National Chung Hsing University.