

小紅姬緣椿象之吸食提高其寄主植物倒地鈴種子發芽率

Enhancement Effect of the Feeding of *Leptocoris augur* on the Germination Rate of Its Host Plant *Cardiospermum halicacabum*

林子欽 鄭先祐*

Tzu Chin Lin and Hsien Yu Cheng*

國立臺南大學生態科學與技術學系 台南市中西區樹林街二段 33 號

Department of Ecoscience and Ecotechnology,
National University of Tainan, 33, Sec. 2, Shu-Lin St., Tainan, Taiwan

* 通訊作者: hycheng@mail.nutn.edu.tw

* Corresponding author: hycheng@mail.nutn.edu.tw

摘 要

小紅姬緣椿象(*Leptocoris augur* Fabricius)具有特殊吸食口器，可突破倒地鈴(*Cardiospermum halicacabum* L.)的種子防衛。倒地鈴種子經小紅姬緣椿象吸食後，發芽率於 14~42 天間，可提高 3.2~6.0 倍(與對照組相比)。模擬野外小紅姬緣椿象的吸食實驗，含果莢種子餵養兩週後，種子發芽率於 28~42 天間，則可提高 2.6~9.0 倍。倒地鈴種子經吸食過後，發芽率提升的機制，類似對種皮的物理傷口，如縫衣針或指甲剪處理，透過種皮傷口增加種子的吸水量。種子被吸食過，不僅沒有死亡，且可促進發芽率。野外觀察近八成(78.2%)的種子只被刺吸一針或兩針，且刺吸的位置未傷及胚。小紅姬緣椿象與其寄主植物倒地鈴，顯現有互利共生的關係。

Abstract

Leptocoris augur Fabricius feeds on seeds of the heartseed vine (*Cardiospermum halicacabum* L.), using its unique mouthparts that are capable of piercing through the pod and seed coat. Germination rates of the seeds fed by *L. azrgus* were found to be 3.2 and 6.0 times higher than those of the unfed ones on

14 and 42 days after feeding, respectively. We also conducted a simulation experiment, in which heartseed vine seeds were fed by *L. argus* for two weeks. The germination rates of the seeds fed were 2.6 and 9.0 times higher than those of the unfed ones on 28 and 42 days after feeding, respectively. The underlying mechanism associated with the enhancement of the feeding on the germination were similar to that resulted from physical wounds by needle or nail clippers. The wounds improved water absorption of the seeds that in turn enhanced the germination rate. In our field observation, approximately eight out of ten (78.2 %) seeds were pierced once or twice by *L. argus*. The wounds did neither kill the seeds nor injure the embryos but enhanced the germination rate. Apparently, there is a mutualism relationship between *L. augur* and its host *C. halicacabum*.

關鍵詞：發芽率、互利共生、倒地鈴、小紅姬緣椿象、硬殼種子

Key words: germinationrate, mutualism *Cardiospermum halicacabum*, *Leptocoris augur*, hardseed

收件日期：2011年6月29日

接受日期：2012年1月13日

Received: June 29, 2011

Accepted: January 13, 2012

緒 言

有些植物具有「硬殼種子」(hard seeds)，或稱為「物理休眠的種子」(seeds with physical dormancy)；因有不透水種皮而必要經過物理性外傷，改善種皮的通透性，促進水分進入及氣體交換，才能發芽(陳等 2009; Baskin and Baskin 1998)。植食性昆蟲是硬種子發芽的潛在促進者(Karban and Lowenberg 1992; Takakura 2002)。吃食這些硬殼種子的昆蟲，與其寄主植物間，透過提升種子發芽率，而有互利共生的現象(Takakura 2002)。

植食性昆蟲可促使其寄主植物種子發芽率倍增。例如澳洲一種食種子椿象(*Oxycarenus luctuosus*)可讓草棉(*Gossypium sturtianum*)的發芽率增加2~3倍(Karban and Lowenberg 1992)。美國亞利桑那州棉花(*Gossypium thurberi*)被椿象(*Sphyracoris punctellus*)及象鼻蟲(*Anthonomus*

grandis)取食後，種子發芽率皆由15%增加至近29%(Karban and Lowenberg 1992)。專食性昆蟲對其寄主植物種子發芽，更有不可或缺的關係(Takakura 2002)。

倒地鈴(*Cardiospermum halicacabum* L.)具有硬殼種皮，雖可防止昆蟲啃食，但造成其種子發芽率極低(呂及黃 2008)。小紅姬緣椿象(*Leptocoris augur* Fabricius)運用其特殊刺吸式口器，穿透種子外圍的氣囊和種皮，吸食倒地鈴種子(寄主植物)。雖然小紅姬緣椿象常見大量聚集吸食倒地鈴種子，但倒地鈴的分布在台灣中南部仍是相當普遍。自然界小紅姬緣椿象取食倒地鈴種子，並未造成倒地鈴族群減少。小紅姬緣椿象增加其寄主植物倒地鈴的發芽率，可能是個重要因素。

本研究採集的倒地鈴屬於蔓藤植物(又稱風船葛)，分類上屬於無患子目(Sapindales)、無患子科(Sapindaceae)、倒地鈴屬(*Cardiospermum*)，

原產地在南美洲，現在是台灣常見的野花(呂及黃 2008)。倒地鈴莖細長達數公尺，葉互生為二回三出或二回羽狀複葉，花腋生呈聚繖花序排列。種子位於蒴果中，蒴果膨脹充氣，果面呈三稜瓣，內有三個分室，每室內有一粒圓滑球形種子，未成熟時呈綠色具心臟形白斑，成熟時則轉為黑色具心臟形白斑(劉等 1998)。

小紅姬緣椿象在分類上屬於半翅目(Hemiptera)、姬緣椿象科(Rhopalidae)，身體背部呈橘紅色，具有刺吸式口器，是一種取食種子的椿象(Schaefer and Kotulski 2000)。但是若蟲口器長度要穿過果莢到達成熟種子很困難，因此若蟲大多取食有洞的種子(Newton 1984)。

本研究進行野外調查，了解倒地鈴與小紅姬緣椿象地理分布的關係，並微細觀察小紅姬緣椿象吸食倒地鈴種子的情況，以及於實驗室內驗證小紅姬緣椿象吸食是否提高倒地鈴種子發芽率，和其提升發芽率的可能機制(吸水性的關係)。

材料與方法

一、材料採集、飼養與分布相關調查

野生倒地鈴果莢採集自嘉義縣六腳鄉六嘉國中(23°30'6.03" N; 120°17'31.80")附近田圳邊。於 2009 年 4~7 月採集期間，隨機採集倒地鈴種子，以及同一地點的小紅姬緣椿象 5 齡若蟲及成蟲。本研究吸食影響的實驗都使用 5 齡若蟲，因為 5 齡若蟲吸食寄主種子的可能傷害，往往會比其他齡嚴重(Zink and Rosenheim 2005; Bommireddy *et al.* 2007)。飼養用的倒地鈴果莢(確定無椿象)採集自六嘉國中陽台上種植的倒地鈴。採集回來的若蟲，置入實驗室飼養箱(長 60 cm，寬 45 cm，高 45 cm)中，放入濕棉花(提供水分)，並按照若蟲數量，放入相同數量的倒地鈴種子飼養。

倒地鈴與小紅姬緣椿象兩者野外分布關係，調查範圍包括嘉義縣六腳鄉和太保市地

區，有出現倒地鈴的地點，記錄小紅姬緣椿象的分布情況。

二、小紅姬緣椿象吸食倒地鈴種子的觀察

倒地鈴的每顆種子上具有黑與白兩種顏色(圖 3A)，白色部分連接果莢呈心形。當種子未完全成熟時，白色部分是無法被吸食的，種子成熟後會掉落至果莢之中，小紅姬緣椿象成蟲及若蟲可由果莢上破洞進入吸食。為了瞭解種子被吸食是否因顏色不同或區域不同產生差異，我們在棲地調查時隨機收集 397 顆倒地鈴種子加以比較，並且進一步微細觀察白色區域和胚的構造關係。

三、小紅姬緣椿象吸食對種子(野外採集)發芽率之影響

選取野生倒地鈴外表飽滿充滿氣的果莢(確保未被吸食過)(圖 1A)，取出果莢內的種子餵食小紅姬緣椿象。所有種子都經過解剖顯微鏡檢查，確保完好，且未被吸食過，總計得到 323 顆種子。隨機取 18 顆種子與同地點採集的 23 隻小紅姬緣椿象 5 齡若蟲，同時放入飼養箱，持續餵養 14 天。飼養期間，每日中午檢查飼養箱內的種子，將有被吸食過的種子取出，並再放入未被吸食的種子，取代。飼養箱內於飼養期間種子數量都保持有 18 顆。持續飼養兩個星期，總計取出 54 顆被吸食過的種子(實驗組)。其餘有 269 顆未被吸食過的種子(對照組)。

四、模擬小紅姬緣椿象實際覓食情況

隨機選取實驗室陽台自行種植的倒地鈴果莢 50 個，果莢撕開，露出黑色種子，總計 140 顆種子，分成兩組，實驗組與對照組，各 70 顆未被取食過的種子。實驗組 70 顆種子全部放入飼養箱，內有 23 隻 5 齡若蟲，飼養 5 天後，再取出所有種子(70 顆)。對照組(70 顆)則未做任何處理。

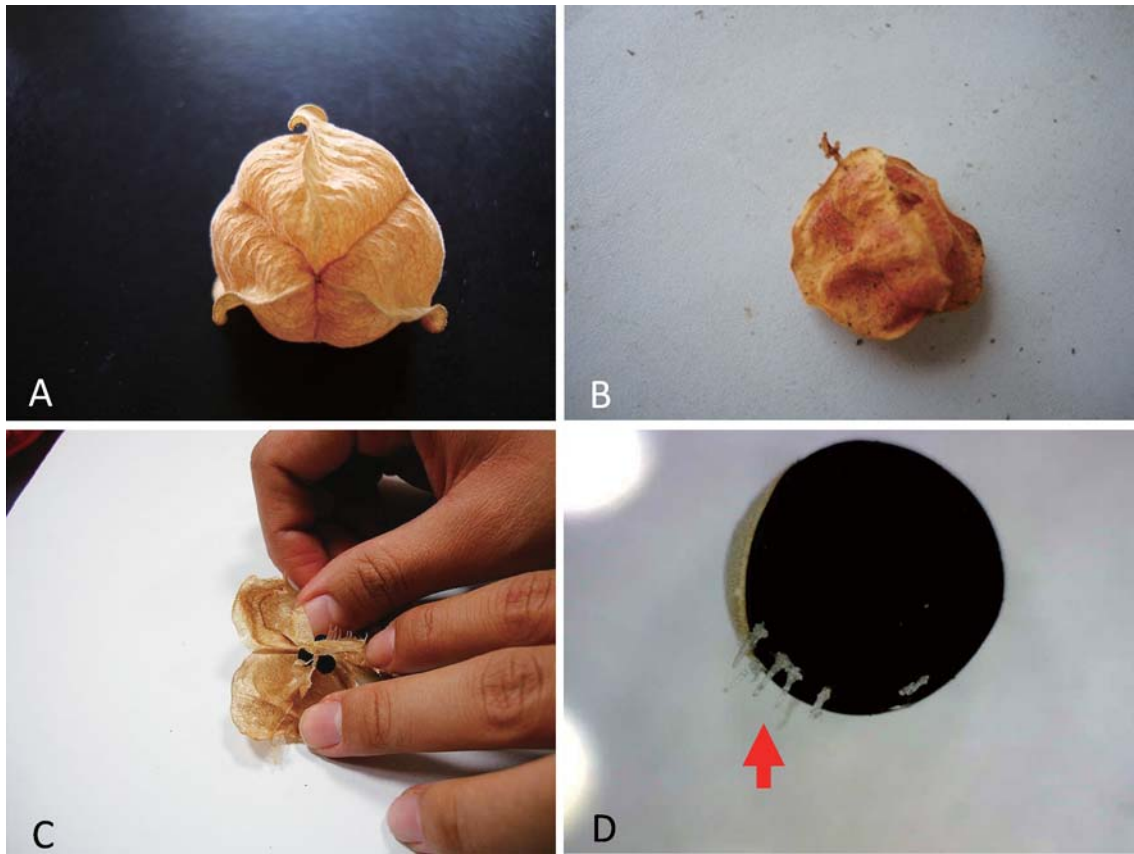


圖 1. 倒地鈴果莢中種子及吸食痕跡。A, 外表飽滿充滿氣的果莢；B, 被小紅姬緣椿象吸食的果莢；C, 撕開果莢內有種子；D, 椿象吸食種子遺留的痕跡。

Fig. 1. Pods and seeds of *Cardiospermum halicacabum* (A, a normal pod; B, a pod pierced by *Leptocoris augur*; C, seeds inside pod; D, cross section of a seed showing the piercing traces).

五、發芽率比較實驗

將實驗組和對照組的種子，分別進行發芽率的比較實驗。將種子浸泡於 25°C 自來水 24 小時。浸泡後，將實驗組和對照組的種子取出並分別播種於 70 格的穴盤中，穴格(45 x 45 x 45 mm)內盛泥炭苔、珍珠石、蛭石(2:1:1 體積比)之混合介質(呂及黃 2008)。放置於陽台能照到陽光的地方，每日澆水三次，於播種後第二星期起，每 14 天記錄種子發芽率，至第 42 日止(呂及黃 2008)。胚芽突破種皮即視為發芽。

六、種子發芽率提升的可能機制(吸水率)

野外採集，經過顯微鏡檢視，確認未被吸食過的倒地鈴種子，總計 720 顆。隨機取出 240 顆，分成 4 組(每組 60 顆)。每組分別做不同的處理(圖 2)，小紅姬緣椿象吸食、針刺破種皮、指甲剪夾裂種皮，以及不做任何處理(對照組)。這 4 組種子，同時分別浸泡於 25°C 自來水中，泡水時間總長 24 小時。每組都各以 5 個種子為一小組(每組各有 12 小組)，泡水前以微量天平一起秤重。泡水後，每隔 2 小時，各組都隨機取出一小組(5 顆種子)，表面

擦乾，再一起稱重。各小組稱種後再放入水中，持續 24 小時。各組都有 12 小組，各有 12 次稱重紀錄。每次記錄時的種子吸水率 = (泡水後種子平均重量 - 泡水前種子平均重量) ÷

泡水前種子平均重量(劉 2006)。持續泡水 24 小時後，各組都隨機選取 30 顆種子，進行發芽率比較實驗。

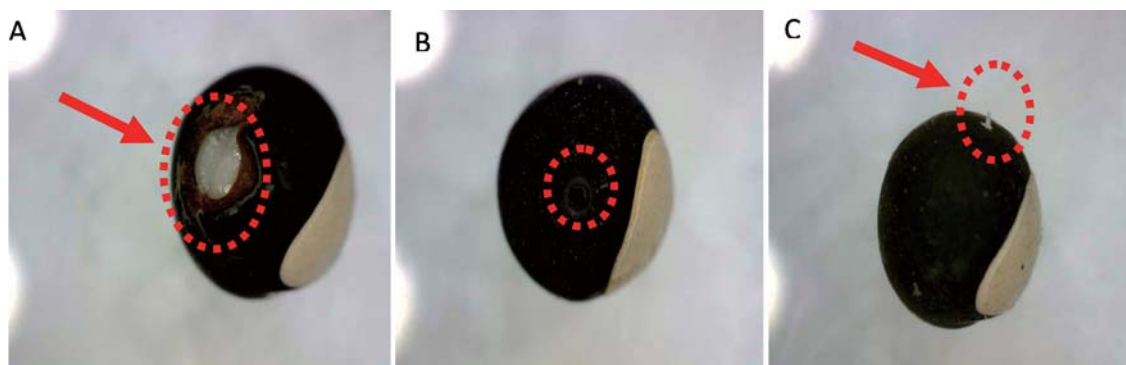


圖 2. 倒地鈴外種皮三種不同的處理。A, 以指甲剪剪去種皮；B, 利用縫衣針刺破種皮；C, 椿象吸食處理。

Fig. 2. Three types of the wound treatments on the seeds of *Cardiospermum halicacabum* (A. cutting wound by nail clippers; B. puncture wound by needle; C. pierced by *Leptocoris augur*).

七、統計分析

發芽率實驗以卡方檢定(Chi-Square Test)進行獨立性檢定，來比較小紅姬緣椿象吸食與種子發芽是否具有關連性(Pagano and Gauvreau 2000)。種子發芽率提升的可能機制(吸水性)實驗，分為 12 個測量點，使用獨立樣本 T 檢定，檢定時先以 F 檢定比較母群體變異數是否相等，再判斷 T 檢定的結果，是否吸水性具有差異(Pagano and Gauvreau 2000)。本研究使用 SPSS 12 進行資料統計分析，並使用 Excel 2010 繪圖。

結 果

一、小紅姬緣椿象與寄主植物的分布相關性

野外調查於六腳鄉(20 處)和太保市(9 處)，總計 29 處的倒地鈴分布處，發現其中有 24 處有小紅姬緣椿象聚集。小紅姬緣椿象在六腳鄉

倒地鈴棲地出現率有 83%，在太保市出現率則有 100%。

二、小紅姬緣椿象吸食倒地鈴種子的觀察

小紅姬緣椿象吸食倒地鈴果莢後，除了果莢扁掉外，種子外皮會留下白色柱狀痕跡(圖 1D)，這個痕跡遇水則會消失。本研究棲地調查中隨機收集 397 顆倒地鈴種子，發現被吸食的有 102 顆，被吸食的種子中有 78.2% 被刺一至二處，刺的位置有 67.3% 在種子白色位置內(圖 3A)，比較刺的深度(圖 1D)及胚的位置(圖 3B)，小紅姬緣椿象的吸食並未傷其胚。

三、小紅姬緣椿象吸食對發芽率之影響

實驗組完整果莢(with intact pods)餵食兩星期間共有 54 顆種子被小紅姬緣椿象(23 隻)吸食。被吸食過的倒地鈴種子第 14、28、42 天發芽率依序為 1.9%、7.4%和 22.2%，對照

組(未被吸食)依序為 0.4%、2.2%和 3.7% (表 1)。實驗組提升發芽率倍數(enhancement ratio)依序為 4.8 倍、3.2 倍和 6.0 倍(表 1)。以 Chi-

Square 進行獨立性檢定，計算第 42 天的卡方值為 $\chi^2 = 24.2 > 3.84$ ($\alpha = 0.05$ 自由度 = 1), $p < 0.001$ ，兩者差異顯著(表 1)。

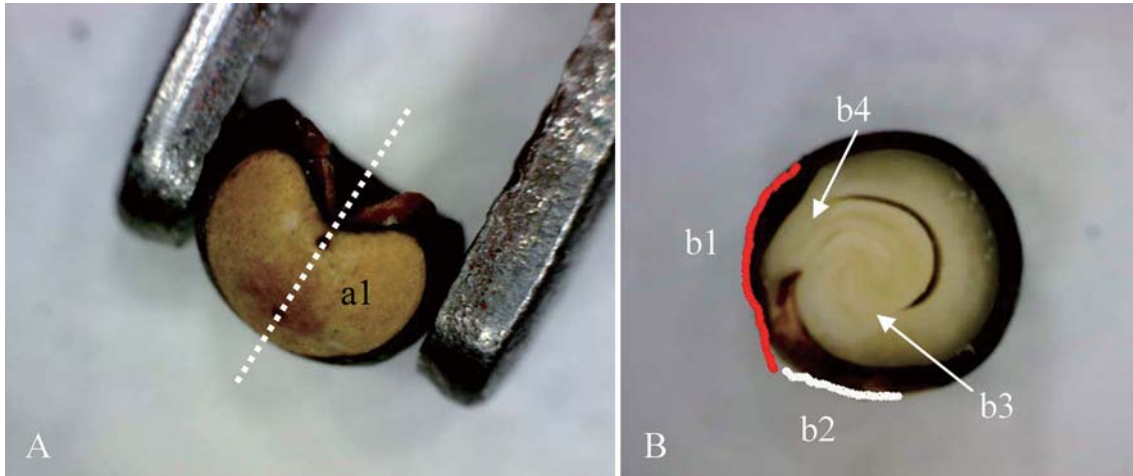


圖 3. 倒地鈴種子的側面(A)和種子的橫切面(B)。A. 白色虛線為 B 的切面；B，b1 處為胚根突破種皮位置，b2 為白色位置處(相對於 A 的 a1 處)，B3 為胚芽，B4 為胚根。

Fig. 3. Lateral view (A) and cross section (B) of the *Cardiospermum halicacabum* seed (A. white dotted line, cross section location; b1, area of the radicle penetrated the seed coat; b2, a1 area in Figure A; B3, germ; B4, radicle).

表 1. 小紅姬緣椿象吸食，對倒地鈴種子發芽率的影響。兩種不同處理，完整果莢(with intact pod)和撕開果莢(with torn pod)

Table 1. Effects of the feeding of *Leptocoris augur* on the germination rates of *Cardiospermum halicacabum* seeds with intact or torn pods

Treatments	N	Germination rate (%)			Chi-square value	P-value
		14 (day)	28 (day)	42 (day)		
With intact pods	54	1.9	7.4	22.2	24.2	< 0.001***
Control group	269	0.4	2.3	3.7		
Enhanced ratio		4.8	3.2	6.0		
With torn pods	70	--	38.6	52.9	16.2	< 0.001***
Control group	70	--	4.3	20.0		
Enhancement ratio		--	9.0	2.6		

四、模擬小紅姬綠椿象實際覓食情況

實驗組撕開果莢(with torn pods)的 70 顆種子連續飼養 5 天，有小紅姬綠椿象吸食過的種子第 28 日發芽率為 38.6%，第 42 日發芽率為 52.9%。對照組(未被吸食)的發芽率依序為 4.3% 和 20.0% (表 1)。實驗組提升發芽率倍數依序為 4.3 倍和 2.6 倍(表 1)。以 Chi-Square 進行獨立性檢定，計算第 42 天的卡方值為 $\chi^2 = 16.2 > 3.84$ ($\alpha = 0.05$ 自由度 = 1)， $p < 0.001$ ，兩者差異顯著(表 1)。

五、種子發芽率提升的可能機制(吸水率)

分別以人工處理種皮(指甲剪夾裂、針刺)及小紅姬綠椿象吸食處理種子，其吸水率於兩小時後，夾裂與針刺處理的種子吸水率上升至 10%，小紅姬綠椿象吸食至 9 小時後和上述兩

者相同。10 小時後人工處理種皮實驗組種子吸水量上升(圖 4)。泡水時間在第 12 小時以後，可見夾裂種子、針刺種子及小紅姬綠椿象吸食過的種子，吸水性增加(圖 4)。對照組吸水性增加很少(圖 4)。

進行小紅姬綠椿象吸食過的種子與對照組的吸水率平均數檢定，因為吸水率平均數 F 檢定之顯著性 $p < 0.001$ ， $t = -5.830$ 、自由度 = 11.032、 $p < 0.001$ ，兩個處理的吸水率平均數有明顯差異。相同的分析在縫衣針與指甲剪處理及縫衣針與椿象吸食處理的吸水率平均數檢定中，發現縫衣針與椿象吸食處理具有顯著差異($p < 0.05$ ，t 檢定)，但是縫衣針與指甲剪處理則未具有顯著差異($p = 0.514$ ，t 檢定)。因此可以將四條曲線依差異顯著與否方式分成 a、b、c 三個組群(圖 4)。

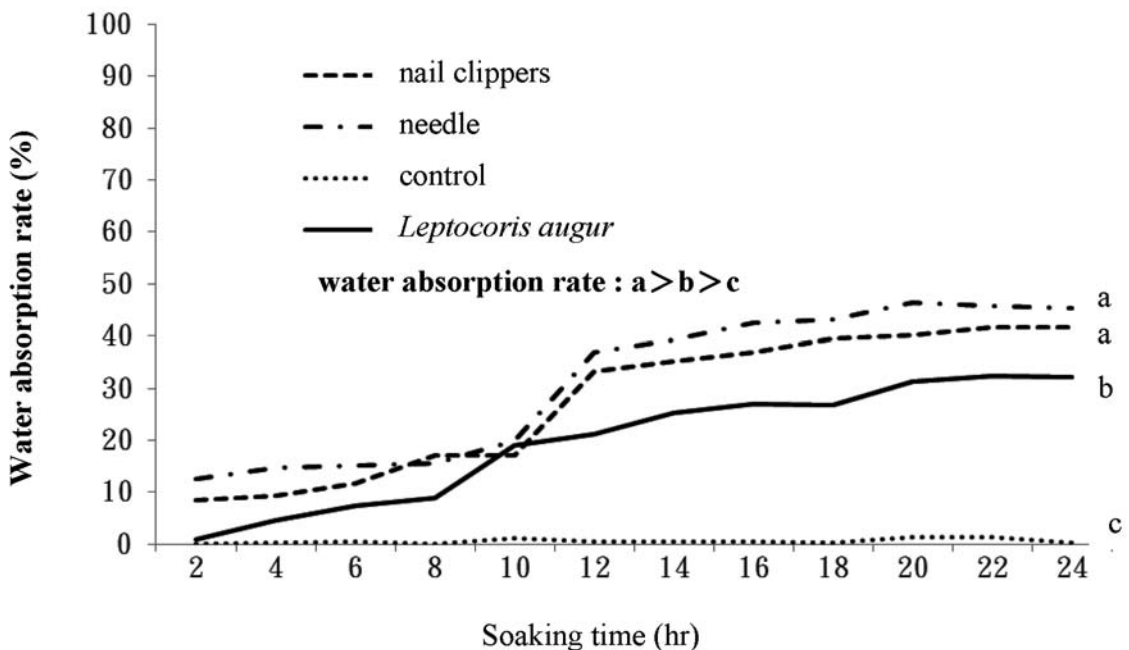


圖 4. 種皮不同處理對種子吸水性的影響。

Fig. 4. Average water absorption rates in relation to soaking periods for the *Cardiospermum halicacabum* seeds with wounds from different treatments.

於種子的吸水性測定實驗後，實驗組及對照組各 30 顆種子種植於穴盤中，種子發芽率如圖 5 所示。第 22 天時利用指甲剪及縫衣針處理的倒地鈴種子發芽率皆達到 73%，椿象吸食後的種子第 22 天時發芽率達到 30%，但對照組的發芽率只有 3%。

以卡方檢定進行小紅姬綠椿象吸食過的種子與對照組發芽率的獨立性檢定，計算第 22 天的卡方值為 $\chi^2 = 7.68 > 3.84$ ($\alpha = 0.05$ 自由

度 = 1)， $p < 0.01$ ，顯示二者差異顯著，即以撕開倒地鈴果莢餵食小紅姬綠椿象，種子經小紅姬綠椿象吸食後種子發芽率顯著增加。以相同方式檢驗縫衣針或指甲剪處理與椿象吸食的發芽率， $p < 0.001$ ，顯示二者差異顯著，種子經縫衣針或指甲剪處理與椿象吸食相比種子發芽率顯著增加。可以將第 22 天發芽率依差異顯著與否分成 a、b、c 三個組群(圖 5)。

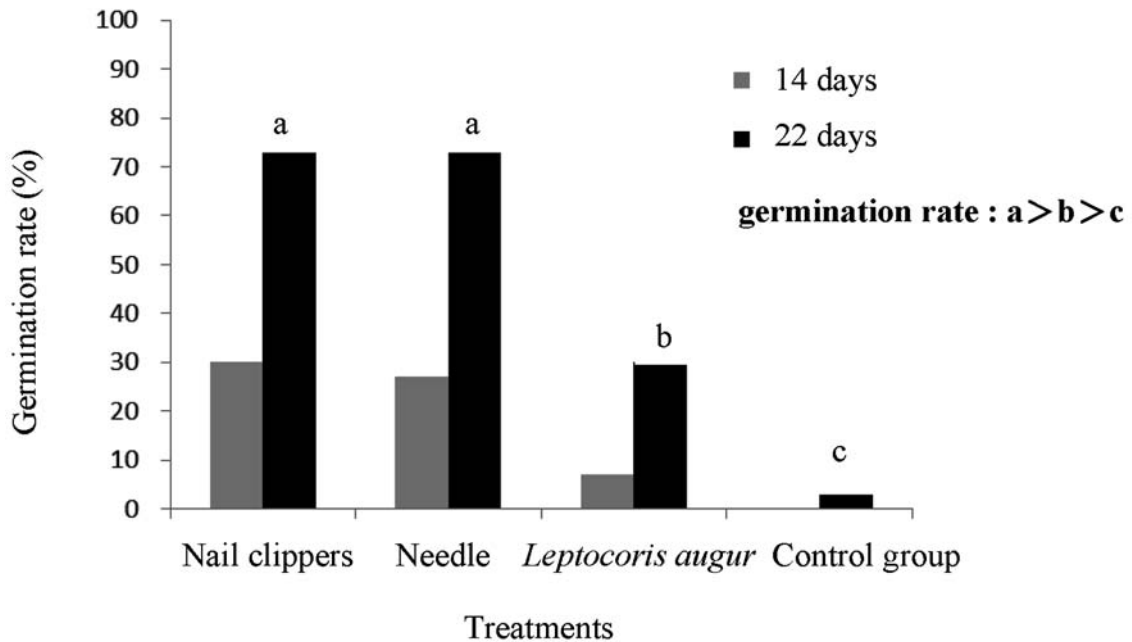


圖 5. 經不同處理後倒地鈴種子的發芽率。

Fig. 5. The germination rates of heartseed vine seeds with wounds from different treatments.

討 論

倒地鈴棲地出現小紅姬綠椿象聚集的機率很高，有八成以上(83%)。有些地區，如太保市，出現率更高達 100%。小紅姬綠椿象具有特殊吸食口器，可突破倒地鈴的種子防衛。吸食不同植物種子的椿象，會因不同植物種子防衛程度的不同，而演化出不同長度的口器(Carroll

et al. 1998)。小紅姬綠椿象的生活，明顯依賴倒地鈴棲地。

倒地鈴種子提供小紅姬綠椿象作為專一的食物來源，經過小紅姬綠椿象吸食後，倒地鈴的硬殼種子發芽率顯著增加。與對照組相比，完整果莢(whole pods)經小紅姬綠椿象吸食，確定有被吸食的種子，發芽率於 14~42 天間，可提高 3.2~6.0 倍(表 1)。如以撕開果莢(torn

Pods)的70顆種子連續飼養5天後,種子發芽率於14~42天間,則可提高2.6~9.0倍(表1)。這個結果與澳洲椿象吸食寄主植物草棉種子,促使發芽率提升2~3倍相似(Karban and Lowenberg 1992)。然而,小紅姬緣椿象可使其寄主植物倒地鈴種子發芽率的提升,似乎更顯著,最高可達9倍(表1)。

倒地鈴種子,受吸食過後,發芽率提升的機制,類似對種皮的物理傷口,以縫衣針或指甲剪處理亦得類似結果,透過種皮傷口增加種子的吸水量(圖4和表2)。隨著種子吸水量的增加,種子的發芽率提升(圖5)(Takakura 2002)。

專食性昆蟲的吸食,雖可破除種皮的物理休眠,但可能對種子造成致命傷害。寄主植物種子被食用,不僅未必可提升發芽率,更可能會因此受傷而無法發芽。有些研究指出可提升寄主植物發芽率的種子,其重量都是大於5g(Tomaz *et al.* 2007)。倘若是小於0.01g的種子,如含羞草(*Mimosa bimucronata*)的種子,其種子胚芽容易被植食性昆蟲損傷(Takakura 2002)。

倒地鈴雖然種子很小,平均重量每顆0.05g,但被小紅姬緣椿象吸食過後發芽率明顯提升。檢驗野外隨機採集的倒地鈴種子,發現有近八成(78.2%)的種子只被刺吸一針或兩針,且刺吸的位置對於胚的傷害不大。倒地鈴種子被吸食過後,可顯著促進發芽率,可能是目前已知最小種子之一(Takakura 2002)。

小紅姬緣椿象與其寄主植物倒地鈴,兩者顯現植物與植食昆蟲對抗(plant-herbivore antagonism)的互利共生關係。植物與植食昆蟲的共生關係有三種形式,植物與授粉昆蟲的互利共生(plant-pollinator mutualism)、植物與植食昆蟲對抗的互利共生(plant-herbivore antagonism)及過補償的演化現象(the evolution of overcompensation)(Järemo *et al.* 1999)。椿象與其寄主植物,兩者可能是經過武器競賽演化(evolutionary arms race)的結果(Carroll *et al.* 1998; Takakura

2002)。小紅姬緣椿象的口器突破倒地鈴種子的防衛,促進發芽率可能是附帶結果。

野外調查發現少數小紅姬緣椿象可能會出現在台灣欒樹棲地,與大量的另一種椿象,大紅姬緣椿象(*Leptocoris abdominalis*)混居。但是倒地鈴棲地卻只有小紅姬緣椿象聚集,沒有大紅姬緣椿象。初步調查發現這種現象和小紅姬緣椿象的口器長度顯著大於大紅姬緣椿象有關,倒地鈴果莢成熟時具有充氣莢膜,需較長的口器才能刺吸到種子。大紅姬緣椿象的口器可能不夠長,因此只能吸食成熟後會裂開果莢的種子(台灣欒樹)。美國的無患子椿象(soapberry bug, *Jadera haematoloma*),因引入3種外來無患子科寄主植物,發現其可能於20~50年(40~150世代)間,就產生其口器長度因吸食不同果實而有適應性輻射演化(adaptive radiation)的現象(Carroll and Boyd 1992)。另一方面,台灣欒樹一年只結果一次,倒地鈴則是一年四季皆可形成種子。野外觀察發現大紅姬緣椿象以成蟲滯育的方式度過種子較少的時期,但無論是棲息於台灣欒樹上,或是於倒地鈴的小紅姬緣椿象都沒有發現成蟲滯育現象。大紅姬緣椿象與小紅姬緣椿象明顯有不同生活策略適應環境,以及其口器與不同寄主植物間的適應關係,值得進一步研究。

誌謝

本文得以完成,衷心感謝嘉義縣立六嘉國民中學學生陳宥誠同學、侯盈如同學和陳雅香同學協助進行種子的吸水性測量實驗,並於2009年7月將初步的結果參加中華民國第49屆中小學科學展覽。嘉義大學蕭文鳳教授鼓勵師生參加第30屆台灣昆蟲學會年會科學壁報論文摘要發表並協助潤飾摘要文章。兩位審查委員及一位英文審查委員詳實審查,協助修正,提供寶貴意見,對本論文改善有根本貢獻,再次感謝。六嘉國中楊舒羽老師、洪意雯

老師及蒜頭教會劉濱垣老師協助英文摘要的修改與潤飾，謹此一併致上最深的謝意。

引用文獻

- 呂廷森、黃俊凱。2008。倒地鈴種子發芽處理及盆栽化。臺灣園藝 54: 183-188。
- 陳衍伶、黃冠瑋、蔡智賢。2009。刻傷處理打破黃花刺梨種子休眠。華岡農科學報 23: 1-8。
- 劉守華。2006。不同類型玉米種子萌動吸水影響因素及其特點。瀋陽農業大學學報 37: 642-644。
- 劉和義、楊遠波、呂勝由、施炳霖。1998。臺灣維管束植物簡誌第三卷。行政院農業委員會。台北。
- Baskin, C. C. and J. M. Baskin. 1998. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego.
- Bommireddy, P., B. Leonard and J. Temple. 2007. Influence of *Nezara viridula* feeding on cotton yield, fiber quality, and seed germination. Journal of Economic Entomology 100: 1560-1568.
- Carroll, S. P. and C. Boyd. 1992. Host race radiation in the soapberry bug: natural history with the history. Evolution 46: 1052-1069.
- Carroll, S. P., S. P. Klassen and H. Dingle. 1998. Rapidly evolving adaptations to host ecology and nutrition in the soapberry bug. Evolutionary Ecology 12: 955-968.
- Järemo, J., J. Tuomi, P. Nilsson and T. Lennartsson. 1999. Plant adaptations to herbivory: mutualistic versus antagonistic coevolution. Oikos 84: 313-320.
- Karban, R. and G. Lowenberg. 1992. Feeding by seed bugs and weevils enhances germination of wild *Gossypium* species. Oecologia 92: 196-200.
- Newton, P. 1984. A feeding association between a heteropteran bug and langurs. Journal of Bombay Natural History Society 81: 180-181.
- Pagano, M. and K. Gauvreau. 2000. Principles of biostatistics. Duxbury Thompson Learning, Australia.
- Schaefer, C. W. and J. Kotulski. 2000. Scentless plant bugs (Rhopalidae). pp. 309-319. In: C. W. Schaefer and A. R. Panizzi (eds.). Heteroptera of Economic Importance. Boca Raton, CRC Press. 828pp.
- Takakura, K. 2002. The specialist seed predator *Bruchidius dorsalis* (Coleoptera: Bruchidae) plays a crucial role in the seed germination of its host plant, *Gleditsia japonica* (Leguminosae). Functional Ecology 16: 252-257.
- Tomaz, C. A., D. Kestring and M. N. Rossi. 2007. Effects of the seed predator *Acanthoscelides schrankiae* on viability of its host plant *Mimosa bimucronata*. Biological Research 40: 281-290.
- Zink, A. G. and J. A. Rosenheim. 2005. Stage dependent feeding behavior by western tarnished plant bugs influences flower bud abscission in cotton. Entomologia Experimentalis et Applicata 117: 235-242.