

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國中組

生物科

科別：生物科

組別：國中組

作品名稱：草原上的提琴手－孵化篇

關鍵詞：蟋蟀、孵化、溫度

編號：030317

學校名稱：

台東縣立大王國民中學

作者姓名：

陳淑嫻、楊淨皓、吳勤皓、李邵郁

指導老師：

曾淑煊、王靖璇



摘要

蟋蟀是常見的鳴蟲，自古以來便有『草原上的提琴手』之美稱。近年來由於人為活動，蟋蟀受到迫切的生存危機，因此，蟋蟀的聲音似乎逐漸從我們的耳邊消失。

野地的蟋蟀大多只在春、夏季才容易發現，水族館卻幾乎全年販售，因為蟋蟀通常以卵的形態過冬，待氣溫回升後才孵化，故本實驗採固定濕度範圍、而控制氣溫之方式，探討高溫狀態對孵化蟋蟀卵的影響。

實驗結果顯示，在 30 ~35 之溫度範圍，溫度愈高卵的發育愈快、孵化期愈短，但是孵化率在 35 以上有明顯的下降，可見溫度與蟋蟀卵的孵化確實有關，若打算人工繁殖蟋蟀，可於恆溫 33 ~34 進行孵化，在八天之內得到約八成的理想孵化率。

親眼見證蟋蟀孵化的歷程，可縮短現代人與大自然的距離。

壹、研究動機

蟋蟀是常見的鳴蟲，自古以來便有『草原上的提琴手』之美稱。

蟋蟀的生活範圍本就與人類重疊，然而，卻因為人類任意擴張生活領域加上不當規劃與不斷開發，導致蟋蟀遭受到迫切的生存危機，原本在鄉野草原間極易聽到的蟋蟀叫聲，似乎已漸漸地從我們耳邊消失，繁華都市裡更難以發現其蹤跡。

在一次偶然的機會中，發現水族館竟販售活生生的蟋蟀，全年皆有且為數不少，但野地的蟋蟀大多數卻只在春、夏季才容易發現蹤跡，查詢相關資料後初步了解，這是因為蟋蟀通常以卵的形態過冬，等到春季氣溫回升後才孵化，可見溫度的高低與蟋蟀卵的孵化存有一定程度的關係，特別是高溫對卵的影響，因而興起研究蟋蟀孵化條件的念頭。

一般母蟋蟀在交配後會選擇較鬆軟、濕潤的土壤或植物的莖中，將產卵管插入其中產卵，本次研究為了便於觀察卵的變化，大膽嘗試將卵置於濾紙當中孵化，並利用數位相機紀錄孵化過程。

貳、研究目的

- (一) 探討溫度 (30 ~35) 對蟋蟀卵的孵化率是否有影響？
- (二) 探討溫度 (30 ~35) 對蟋蟀卵的孵化期有何影響？
- (三) 觀察蟋蟀卵的孵化歷程。

參、研究設備及器材（主裝置如照片 1）

1、中藍微電腦控溫定時器 C-BLAE CS-020	6 組
2、KoKA KT-169 電子式溫濕度計	1 組
3、石英加熱棒	6 支
4、透明寵物箱	6 箱
5、培養皿	6 個
6、淺鐵盤	6 盤
7、長型木板	6 個
8、小罐頭蓋	6 個
9、數位相機	1 台
10、濾紙	1 盒
11、噴霧器	1 瓶
12、過濾網	1 支
13、其他：報紙、鑷子、可樂鋁罐、水彩筆	

肆、研究過程與方法

(一) 交配：

由水族館買進 30 隻成年蟋蟀(母蟋蟀：20 隻，公蟋蟀：10 隻，品種：黃斑黑蟋蟀 *Gryllus bimaculatus*), 細心飼養二週。成年蟋蟀一般會在食物豐富、空間充足的環境中自然交配。成年蟋蟀之性別如圖一，母蟋蟀在腹部末端中央有一根細長的劍狀產卵管。



圖一

(二) 產卵：

培養皿中放入浸濕的報紙，保持潮濕，做為簡易產卵皿。另外準備一個透明寵物箱，放入 20 隻已交配的母蟋蟀，母蟋蟀會聚集在產卵皿內，以潮濕的報紙做為土壤而產卵。經過 12 小時後（隔夜），移出產卵皿。

(三) 孵化：

將產滿蟋蟀卵的報紙置入水中，左右搖晃使蟋蟀卵脫離，並以鑷子夾除報紙。絕大多數的蟋蟀卵會沉降於水底，殘餘破碎的報紙則浮在水中，利用水的浮力來分離出蟋蟀卵；傾倒上層液體，使用過濾網收集下層之蟋蟀卵，而後分成 1 6 組，每組 200 顆蟋蟀卵，分裝於孵化碟（以濾紙做為底墊），再放入培養皿內（做

為孵化皿)，最後將孵化皿放入孵化槽中（如照片 1）並啟動孵化裝置。

本實驗採固定濕度範圍（80-90 %），而控制氣溫之方式進行，進而了解溫度的增加對孵化蟋蟀卵的影響。實驗組別的控制溫度為第一組：30℃，第二組：31℃，第三組：32℃，第四組：33℃，第五組：34℃，第六組：35℃。

初步實驗發現，孵化率偏高，故進一步的實驗便預先估計孵化率為七成五，即 200 顆卵當中有 150 顆孵化（ $200 \times 75\% = 150$ ），然而，經由後續的實驗發現，在相同溫度下孵化，卵的發育程度仍有差異性，不可能在同一時刻全數一起孵化而出，因此本實驗當中孵化期的計算以第 75 顆卵（ $150 \div 2 = 75$ ）孵出的時間為終止時間，而非第一顆卵孵出時間來計算。而孵化率的計算則是以該組第一顆卵孵化的時間起算，之後 2 天內所孵化的數量與原有卵數的比值。



照片 1

(四) 觀察與紀錄：

每日早、中、晚輪班進行觀察以及拍照紀錄卵的變化，並適時對孵化碟噴霧以保持潮濕，避免卵乾扁死亡，影響實驗結果。一旦發現有幼蟋破卵而出，則增加觀察次數為每日五回，紀錄每組的孵化數量，並將幼蟋自孵化皿移出統一飼養。

(五) 困難排除：

自然環境中蟋蟀卵被產在土壤中，本研究的目的之一是觀察卵的變化，除去了土壤的保水作用，使得實驗最大的困難在於：濕氣的保留。

第一次實驗，在孵化槽頂放置淺鐵盤，以防濕氣快速散失，保留約 5 公分的出口。輪班觀察時發現，孵化碟內的底墊(濾紙)不易保持潮濕，且愈高溫愈乾燥，每次必須大量噴霧，否則時間一久，卵很快便乾燥凹陷，而回天乏術。

第二次實驗，為保留濕氣而漸次調整出口使孵化槽較密封，卻又發現蒸氣在淺鐵盤內凝結後滴落至孵化碟中導致積水，卵浸泡於水中數小時將會死亡或導使霉菌滋生，而整組失敗。

第三次實驗發現，溫度愈高愈需要密切注意濕度的變化，並嚴防孵化槽過度悶熱，導致溫度突增超過控制溫度 1℃ 以上。特別是第六組(35℃)最易出狀況。

第四次實驗發現，人為操作可能成為實驗失敗的主因之一。將孵化碟暫時移

出拍照或觀察過久，溫差變化使卵容易死亡，孵化碟進出孵化槽的次數愈多，愈易影響控溫器的恆溫控制，以上諸多變因，使得實驗未能全盤成功。

第五次實驗，每次觀察便放入濕度計測量，控制濕度範圍介於 80 % ~90 %，並加速觀察與拍照動作，終於一次得到完整的六組數據。

伍、研究結果

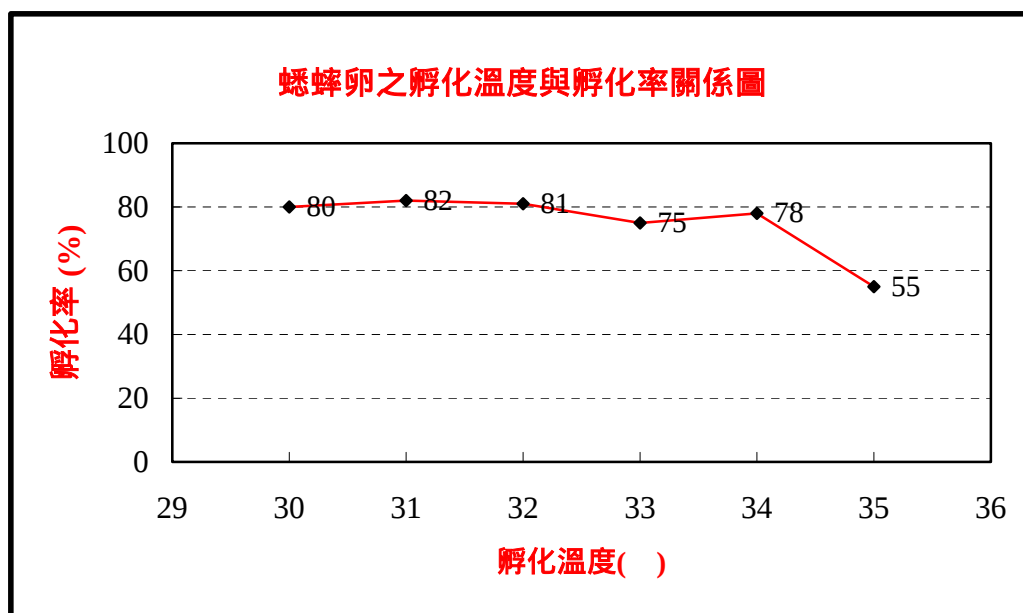
由本實驗得知，溫度對孵化期確實有顯著的影響，見表 1 及附件 1。

在 30 ~35 之溫度範圍，溫度愈高卵的發育愈快，孵化期有愈短的趨勢，故推論溫度與孵化期成反比關係，如圖 1 所示；而在 30 ~34 之間，隨著溫度的升高，孵化率並無明顯降低，大約維持在 80 %左右，但在 35 之下孵化，孵化率卻突然降至 55 %，如圖 2 所示，由此可知，孵化溫度達到 35 時，對於卵的發育才有比較明顯的阻礙。

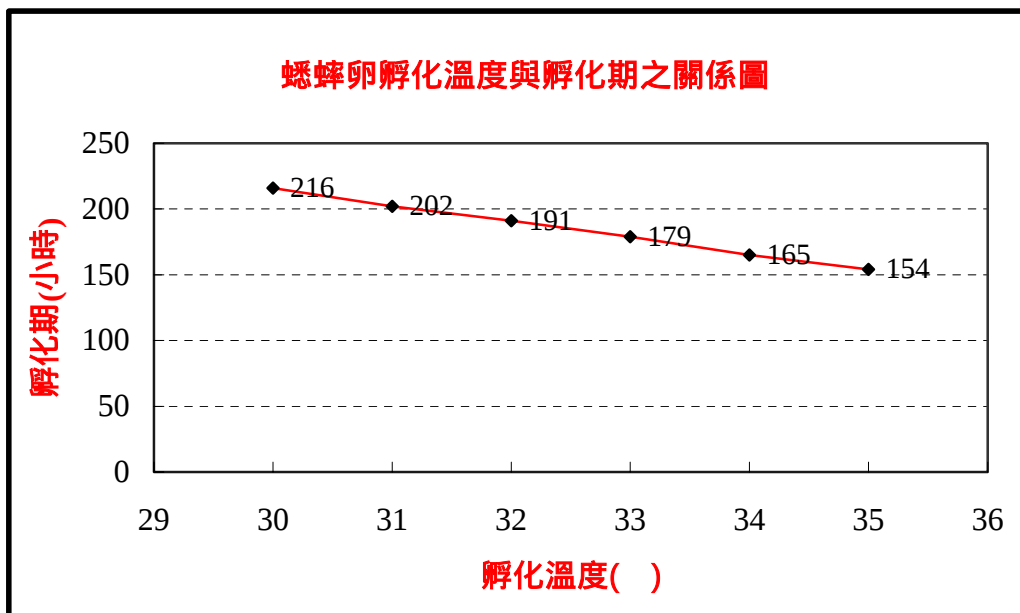
本次實驗採恆溫方式，自然界的日夜溫差並未考慮進去，而實驗最後所孵化出來的小蟋蟀，在實驗完成之後便全數野放於校園中。

表一

組別	控制溫度()	孵化量(隻)	孵化率(%)	孵化期(小時)	孵化期(天)
一	30	160	80	216	9.00
二	31	164	82	202	8.42
三	32	166	83	191	8.00
四	33	150	75	179	7.46
五	34	156	78	168	7.21
六	35	110	55	154	6.42



圖二



圖三

陸、討論

(一) 卵的變化：見圖 3.卵的變化流程圖

(一) 正常孵化的卵：

卵在孵化過程中比較明顯的變化（以 32 為例），可大分為七個階段：

1. 初卵（照片 2）
2. 約 48 小時後明顯變大而飽滿，顏色也較初卵為淺（照片 3）
3. 約再 36 小時後頭部開始出現小眼點（照片 4）
4. 約 24 小時內眼點持續擴大、腹部顏色逐漸變深（照片 5）
5. 約 12 小時後隱約出現腹部條紋，眼圈形成（照片 6）
6. 之後約 12 小時可清楚見到卵內幼蟋的觸鬚、三對足肢以及尾絲全朝向卵的正面中央部位捲曲聚集，且背部可清楚辨別出頭部 胸部及腹部橫紋（照片 7-9），此為孵化末期。
7. 約 12 小時之內幼蟋即可破卵而出（照片 10-14）。

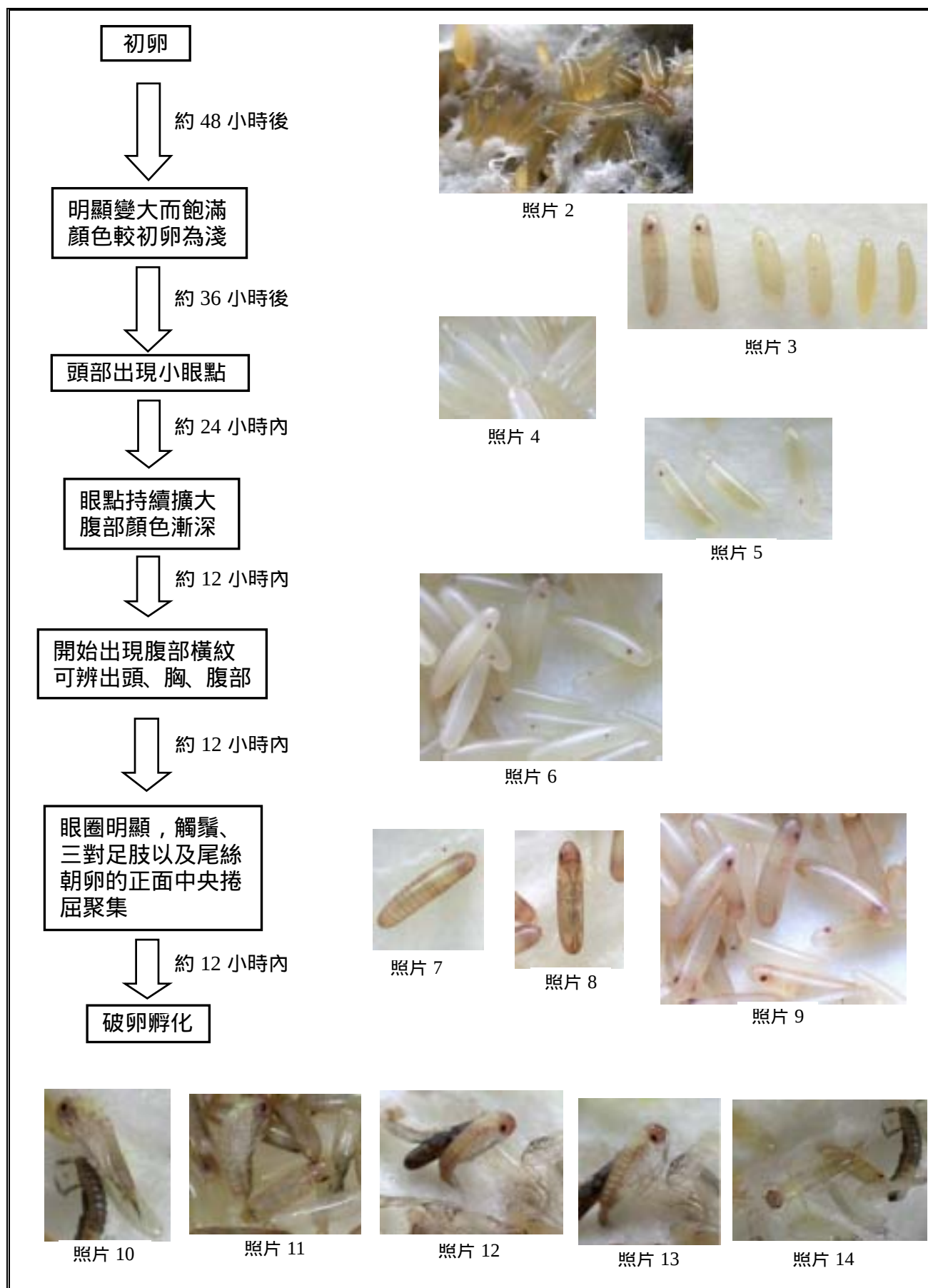
而同一組的卵，其發育快慢有別（照片 15），原因可能是卵本身的個別差異，或其他不明因素。卵之實際情形如照片 16，長約 3mm。



照片 15



照片 16



圖四、卵的變化過程圖

(二) 未孵化的卵：

多數未孵化的卵在開始孵化的兩天內便停止發育，甚至變乾變扁，最後可能發霉，第六組（35）約有 4 成的卵即出現此種狀況；而少數未孵化的卵也可能在孵化過程中的任一階段突然停止發育或死亡。值得一提的是，有極少數的幼蟋在破卵而出的過程中，無法完全脫離卵殼或已經脫離卵殼卻無力將肢體展開而死亡（照片 17），此種現象在高溫下略較常見。



照片 17

(二) 幼蟋的變化：

剛孵化而出的幼蟋呈透明狀，乍看之下與紅螞蟥極為相似，數小時內身體會從末端（足肢及觸鬚尾絲）開始慢慢由白色透明轉成通體黑色（照片 18~21），除了沒有翅膀及產卵管可供性別之分辨外，幼蟋的形貌和成年蟋蟀並無太大差異。



照片 18



照片 19



照片 20



照片 21

(三) 最佳條件：

由實驗數據可知，溫度愈高孵化期愈短，但無法正常孵化的卵愈多（尤指 35），若打算人工繁殖蟋蟀，可於恆溫 33~34 進行孵化，在八天之內得到約八成的理想孵化率。

柒、結論

(一) 由實驗結果判斷，我們可以利用控制孵化溫度達到快速孵化蟋蟀卵而人工大量生產之目的，這可能就是水族館能夠全年供應蟋蟀的原因；我們也可以在寒冷的冬天，自己動手親眼見證蟋蟀孵化的歷程，拉近現代人與大自然的距離。

(二) 參考網路資料：

(一) 在土壤裡恆溫 28，須經 9 天（約 220 小時），才能脫殼而出（相關網址 1）。

(二) 室溫下，在衛生紙窩中孵化費時 14 天，在土壤中孵化費時 12 天（相關網址 2）。

而本實驗結果顯示，愈高溫孵化期遇短，由此可推論，卵的孵化速度與溫度成正比關係，溫度較高，發育較快，孵化期較短；反之，溫度較低，發育較慢，孵化期較長。此與蟋蟀一生的成長速度與溫度的關係相符合。

(三) 近年來由於溫室效應增強，全球平衡溫度有逐年上升的趨勢，若某地區氣溫超過

34，將可能導致蟋蟀的孵化數量大幅降低，而間接影響自然界的生態平衡。假使黃斑黑蟋蟀即將瀕臨絕種，則本實驗或許可作為復育工作的參考資料之一。

- (四) 至於，在高溫下孵化之蟋蟀，其兩性比例之差異以及對環境的適應能力以及繁殖能力是否有所影響，則不在本實驗之探討範圍內，有待日後更進一步的研究。

捌、參考資料及其他

一、參考資料

(一) 相關書籍：

- 1.法布爾著、譚常軻譯。昆蟲世界。小知堂。民 90。
- 2.徐堉峰編譯。昆蟲學概論，合記圖書。民 91。
- 3.楊平世。昆蟲資源調查手冊，行政院農委會。民 85。

(二) 相關期刊：

- 1.楊正澤（民 88）。蟋蟀生態簡介。農業世界，193，30-33。
- 2.楊平世、林芙美（民 83）。黑蟋蟀（*Gryllus bimaculatus* DeGeer）之生活史及若、成蟲行為之觀察。國立臺灣大學農學院研究報告，4（34），411-418。
- 3.蔡在壽等（民 83）。實驗室內臺灣大蟋蟀之生活史。師大生物學報，2（29），65-70。

(三) 相關網址：2003.07.01.10:00

- 1.草原上的提琴手。網頁製作：[張鴻斌老師](#)、[陳賢聰老師](#)。
<http://www.js1es.tnc.edu.tw/cricket/>。
- 2.周子軒：蟋蟀生活史。<http://www.bud.org.tw/observer/year2003/K/K04.asp>。
- 3.蟲蟲總動員。數位影音：蟋蟀卵孵化。<http://insect.cc.ntu.edu.tw/video/video.htm>。
- 4.蟲蟲總動員。行政院國家發展委員會。<http://insect.cc.ntu.edu.tw/index.htm>。
- 5.網上爬。http://www.aherp.com/is/feeder_cricket.htm。

(四) 相關教材：

- 1.生物（下）：人類與環境。
- 2.理化（二）：分離混和物的方法。

玖、附件

附件 1.

蟋 蟀 卵 孵 化 統 計 表											
第一組	溫度控制：30 ；啟動日期： <u>2 / 25 10:00</u> ；初始卵數：200										
孵出時日	^[3/5] 20:00	^[3/6] 07:00	10:00	12:30	16:00	21:00	^[3/7] 07:30	10:00	12:30	16:00	20:00
當時孵出數	2	57	16	13	21	5	25	5	4	1	1
累計孵出數	2	59	75	88	109	124	149	154	158	159	160
孵化期	2/25 10:00 3/6 10:00 ， 共 9 天 (216 小時)										
孵化率	3/5 20:00 3/7 20:00 ， 160 / 200 = <u>80 %</u>										
第二組	溫度控制：31 ；啟動日期： <u>2 / 25 10:00</u> ；初始卵數：200										
孵出時日	^[3/5] 07:00	10:00	12:30	16:00	20:00	^[3/6] 07:30	10:00	12:30	16:00	21:00	^[3/7] 07:30
當時孵出數	3	10	14	23	25	39	14	18	12	4	2
累計孵出數	3	13	27	50	75	114	128	146	158	162	164
孵化期	2/25 10:00 3/5 20:00 ， 共 8 天又 10 小時 (202 小時)										
孵化率	3/5 07:00 3/7 07:00 ， 164 / 200 = <u>82 %</u>										
第三組	溫度控制：32 ；啟動日期： <u>2 / 25 10:00</u> ；初始卵數：200										
孵出時日	^[3/4] 21:00	^[3/5] 07:30	9:00	12:30	16:00	20:00	^[3/6] 07:30	10:00	12:30	16:00	21:00
當時孵出數	1	63	11	13	21	27	17	6	3	4	0
累計孵出數	1	64	75	88	109	136	153	159	162	166	166
孵化期	2/25 10:00 3/5 09:00 ， 共 7 天又 23 小時 (191 小時)										
孵化率	3/4 21:00 3/6 21:00 ， 166 / 200 = <u>83 %</u>										
第四組	溫度控制：33 ；啟動日期： <u>2 / 25 10:00</u> ；初始卵數：200										
孵出時日	^[3/4] 07:30	10:00	12:30	16:00	21:00	^[3/5] 07:30	10:00	12:30	16:00	21:00	^[3/6] 07:30
當時孵出數	4	9	13	23	26	35	10	8	10	7	5
累計孵出數	4	13	26	49	75	110	120	128	138	145	150
孵化期	2/25 10:00 3/4 21:00 ， 共 7 天又 11 小時 (179 小時)										
孵化率	3/4 07:30 3/6 07:30 ， 150 / 200 = <u>75 %</u>										
第五組	溫度控制：34 ；啟動日期： <u>2 / 25 10:00</u> ；初始卵數：200										
孵出時日	^[3/3] 21:00	^[3/4] 07:30	10:00	12:30	16:00	21:00	^[3/5] 07:30	10:00	12:30	16:00	21:00
當時孵出數	3	53	19	15	21	24	15	2	3	1	0
累計孵出數	3	56	75	90	111	135	150	152	155	156	156
孵化期	2/25 10:00 3/4 10:00 ， 共 7 天 (168 小時)										
孵化率	3/3 21:00 3/5 21:00 ， 156 / 200 = <u>78 %</u>										
第六組	溫度設定：35 ；啟動日期： <u>2 / 25 10:00</u> ；初始卵數：200										
孵出時日	^[3/3] 12:30	16:00	20:00	^[3/4] 07:30	10:00	12:30	16:00	21:00	^[3/5] 07:30	10:00	12:30
當時孵出數	5	30	40	20	3	2	3	1	4	1	1
累計孵出數	5	35	75	95	98	100	103	104	108	109	110
孵化期	2/25 10:00 3/3 20:00 ， 共 6 天又 10 小時 (154 小時)										
孵化率	3/3 12:30 3/5 12:30 ， 110 / 200 = <u>55 %</u>										

評語

- 1.能利用簡易器材組裝進行環境因子對孵化率的影響試驗，印證溫度對生物生理的重要性。
- 2.取材易得，培養方式簡便，操作技術簡易適合一般國中生作為昆蟲生活史觀察之推廣。
- 3.實驗日誌尚稱完整。若能增加試驗變因應會有更完整的結果呈現。