

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

佳作

040716

福壽螺，來杯咖啡吧！

國立花蓮女子高級中學

作者姓名：

高二 塗貽然 高二 李苡柔 高二 陳毓婷

指導老師：

黃文琴

中華民國第 45 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生物科

組 別：高中組

作品名稱：福壽螺，來杯咖啡吧！

關 鍵 詞：咖啡因、福壽螺

編 號：

目 錄

壹、 摘要	1
貳、 研究動機	1
參、 研究目的	2
肆、 研究設備及器材	2
伍、 研究過程或方法	2
一、 咖啡因對福壽螺存活的影響	2
(一) 不同濃度的咖啡因對 1.5 ± 0.5 g 福壽螺的影響	2
(二) 相同濃度的咖啡因對不同重量福壽螺的影響	3
(三) 0.01% 咖啡因對福壽螺的影響	3
(四) 在相同濃度的咖啡因溶液中，溫度對福壽螺的影響	4
二、 咖啡因對福壽螺食慾的影響	4
三、 咖啡因對福壽螺生長速率的影響	5
四、 市售咖啡粉所泡製的咖啡溶液對福壽螺的影響	5
陸、 研究結果	6
一、 咖啡因對福壽螺存活的影響	6
(一) 不同濃度的咖啡因對 1.5 ± 0.5 g 福壽螺的影響	5
(二) 相同濃度的咖啡因對不同重量福壽螺的影響	6
(三) 0.01% 咖啡因對福壽螺的影響	7
二、 咖啡因對福壽螺食慾的影響	8
三、 咖啡因對福壽螺生長速率的影響	9
四、 市售咖啡粉所泡製的咖啡溶液對福壽螺的影響	9
柒、 討論	10
捌、 結論	12
玖、 參考文獻	12

圖目錄

圖 1	1.5±0.5g 的福壽螺連續 6 天置於不同濃度的咖啡因溶液中實驗配置圖	-----3
圖 2	咖啡因對福壽螺食慾的影響實驗配置圖	-----5
圖 3	1.5±0.5g 的福壽螺長時間置於不同濃度的咖啡因中的死亡率	-----6
圖 4	不同重量的福壽螺持續 48 小時處於 LC ₅₀ (48)環境中的死亡率	-----6
圖 5	0.5g 以下的福壽螺長時間處於 0.01%咖啡因環境中的存活率	-----7
圖 6	2.5 小時內，0.01%的咖啡因溶液對福壽螺食慾的影響	-----7
圖 7	14 小時內，0.01%的咖啡因溶液對福壽螺食慾的影響	-----8
圖 8	福壽螺處於 0.01%咖啡因溶液中進食 2.5 小時與 14 小時進食量的比較	-----8
圖 9	0.01%咖啡因對初生螺生長速率的影響(7 天)	-----9
圖 10	福壽螺處於 0.5%市售咖啡粉濾液中 48 小時後的死亡率	-----9

壹、摘要

本實驗主要是在了解咖啡因對福壽螺的影響。我們將 $1.5\pm 0.5\text{g}$ 的福壽螺浸泡於不同濃度的咖啡因溶液，連續 6 天觀察其活動力及存活率，並利用數學線性回歸的方式計算出咖啡因對福壽螺 48 小時的半致死濃度($LC_{50}(48)$)為 0.52%。接著以 0.52% 的咖啡因溶液測試 $1.3\pm 0.5\text{g}$ 、 $2.5\pm 0.5\text{g}$ 、 $3.5\pm 0.5\text{g}$ 的福壽螺 48 小時的死亡率為 90%、70%、52%，將 $1.3\pm 0.5\text{g}$ 的福壽螺浸泡於 0.5% 的咖啡因溶液，以溫度為變因，實驗發現福壽螺的死亡率會隨著溫度升高。另外將 $1.3\pm 0.5\text{g}$ 的福壽螺以重量配對並標記後，接受 0.01% 及 0.005% 咖啡因溶液對食慾影響的試驗，得知咖啡因確實可降低其食慾。進一步將剛孵化的初生螺置於 0.01% 咖啡因溶液中，則可發現咖啡因具抑制初生螺成長速率的效果。最後我們以 30g 的市售咖啡粉加蒸餾水配製成 600ml 的咖啡溶液，將福壽螺浸泡於其中 48 小時後，便能使福壽螺的死亡率達到 50% 以上，其致死效果約與 $LC_{50}(48)$ 相當。

根據以上的實驗結果，我們認為咖啡因對福壽螺之生理上及存活率上有明顯的影響，且若以市售咖啡飲料配製成足量濃度取代純化咖啡因，也有使福壽螺半數致死的效用，因此將咖啡因應用在福壽螺的防治上是具有發展的可能性的。

貳、研究動機

1980 年，高雄縣美濃鎮一名黃姓婦人將一盒福壽螺 (*Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1819)) 的卵塊帶回臺灣孵化，進而推廣養殖，但由於國人認為其口感不佳，紛紛將其棄置於田間、溝渠中，不過因其於臺灣並無其天敵，故繁殖迅速，嚴重的影響了臺灣的生態平衡。除此之外，福壽螺對臺灣的農業也造成了相當嚴重的影響：1986 年全年台灣省受害農作面積高達 171,425 公頃，其中水稻田面積達 19,980 公頃，單就稻米損害即高達 3,090 萬美元 (Mochida, 1991)。

根據查到的資料中指出現有的防治方法主要可分為兩種：藥劑防除和非藥劑防除。在藥劑防除方面所使用的藥劑有化學藥劑聚乙醛及耐克螺、有機植物廢棄物苦茶粕，但化學農藥藥劑會有殘留的疑慮，而苦茶粕內含茶皂素會毒死魚類、蚯蚓等，因此聚乙醛或耐克螺、苦茶粕若廣泛使用皆會危害稻田周圍生態 (林，1886)。在非藥劑防除方面則有進水口加裝阻隔網、焚燒稻桿、摘除卵塊及撿拾螺體、生物防除，但焚燒稻桿須注意風向的變化、摘除卵塊及撿拾螺體的動作則需長時間高頻率的實施，而生物防除的方法則有環境上的限制，固雖然非藥劑防除的方法對環境的傷害較小，但效用較低、進行方式繁瑣，對農民有所不便。因此我們就想知道是否有其他的方法能減少福壽螺對各個以稻米為主食的國家的危害。

偶然的機會中閱讀到在 2002 年 6 月 27 日的自然 (Nature) 雜誌上，美國太平洋流域農業研究中心 (US Pacific Basin Agricultural Research Center) 的 Robert Hollingsworth 等人發表了咖啡因 (caffeine) 可作為蛞蝓和蝸牛之驅逐劑的新發現。看到此篇報導，我們便想到既然福壽螺與蛞蝓、蝸牛皆同屬於軟體動物，那是否可將咖啡因作為蛞蝓、蝸牛之驅逐劑的用途，運用在防治福壽螺上，進而降低長久以來福壽螺對各個以稻米為主食的國家的農業損失，以及對環境的

衝擊，因此設計了以下實驗，思考咖啡因運用在福壽螺防治上的可能性。

參、研究目的

- 一、咖啡因對福壽螺存活的影响
 - (一)不同濃度的咖啡因溶液對相同重量福壽螺的影响
 - (二)相同濃度的咖啡因溶液對不同重量福壽螺的影响
 - (三)0.01%咖啡因溶液對福壽螺的影响
 - (四)在相同濃度的咖啡因溶液中，溫度對福壽螺的影响
- 二、咖啡因對福壽螺食慾的影响
- 三、咖啡因對福壽螺生長速率的影响
- 四、利用市售咖啡粉所泡製的咖啡溶液替代咖啡因作為福壽螺防治的可行性

肆、研究器材

- | | | | | |
|---------------|--|-------------------|---------|--------|
| 1. 咖啡因(FERAK) | 2. 蒸餾水 | 3. 燒杯 | 4. 量筒 | 5. 電子秤 |
| 6. 標籤 | 7. 電子攪拌器 | 8. 稱量紙 | 9. 刮勺 | 10. 鏟子 |
| 11. 紗布 | 12. 解剖針 | 13. 橡膠手套 | 14. 橡皮筋 | 15. 滴管 |
| 16. 玻璃缸 | 17. 保鮮盒(11×11cm ² 、16×16cm ²) | 18. 咖啡粉(藍山、阿拉伯咖啡) | | |
| 19. 培養皿 | 20. 濾網 | 21. 萵苣 | 22. 恆溫箱 | |

伍、研究過程及方法

本次研究中的實驗動物來源為花蓮縣吉安鄉東昌村的農田、水溝中採集到的福壽螺，以市場買回的萵苣餵養之，且所有的實驗中的福壽螺皆經過 7 天以上的馴化過程。

一、咖啡因對福壽螺存活的影响

(一) 不同濃度的咖啡因溶液對福壽螺的影响。

經過實驗前約略測驗咖啡因對福壽螺致死的最高及最低濃度，我們選定測試咖啡因濃度於 0.1%~1.5%之間做以下的實驗。

1. 備 36 個保鮮盒(11×11 cm²)，分成 6 組每組 6 個，並分別倒入濃度為 0.1%、0.25%、0.5%、0.75%、1.0%、1.5%之咖啡因溶液 500ml。
2. 另將一保鮮盒置入 500ml 蒸餾水作為對照組。
3. 秤取 740 隻重量為 1.5±0.5g 的福壽螺，於每一保鮮盒內分別置入 20 隻福壽螺，並以紗布將保鮮盒封蓋住。
4. 分別於 24、48、72、96、120、144 小時後，將各濃度螺體置於清水中 24 小時做死

亡鑑定步驟。(死亡的鑑定以在清水中 24 小時後殼蓋不打開活動為原則)

5. 由所得的數據求出回歸曲線，並進而求出咖啡因對 $1.5\pm 0.5\text{g}$ 福壽螺 48 小時的半數致死濃度(以下簡稱 $LC_{50}(48)$)。



圖 1 $1.5\pm 0.5\text{g}$ 福壽螺連續 6 天置於不同濃度的咖啡因溶液中的實驗配置圖

(二) 咖啡因對不同重量福壽螺的影響:

1. 準備 8 個保鮮盒($11\times 11\text{ cm}^2$)，4 個裝入已配置好的 0.52% 咖啡因溶液 500ml，4 個裝入蒸餾水 500ml，當成實驗組及對照組。
2. 秤取 $1.3\pm 0.5\text{g}$ 、 $2.5\pm 0.5\text{g}$ 、 $3.5\pm 0.5\text{g}$ 的福壽螺各 40 隻，分成兩組分別置入實驗組及對照組中，並將保鮮盒以紗布封蓋住。
3. 48 小時後將福壽螺置於清水中做死亡鑑定步驟。

(三) 0.01% 咖啡因溶液長時間對福壽螺的影響

1. 取兩個保鮮盒($16\times 16\text{ cm}^2$)分別置入 0.01% 咖啡因溶液及蒸餾水以當實驗組及對照組。
2. 取 0.5g 以下的福壽螺各 50 隻，分別置入實驗組及對照組中。
3. 每天觀察其存活情況，並每三天以等重的高苣餵食，同時更換新鮮溶液。

(四) 在相同濃度的咖啡因溶液中，溫度對福壽螺的影響

1. 準備 3 個保鮮盒(16×16 cm³)，2 個裝入已配置好的 0.5% 咖啡因溶液 600ml 當成實驗組溶液，1 個裝入蒸餾水 600ml，當作對照組溶液。
2. 取 1.3±0.5g 的福壽螺各 20 隻，分別置入實驗組及對照組中，並以紗布將保鮮盒封蓋住。
3. 將實驗組及對照組置於恆溫培養箱中，24 小時後將所有保鮮盒內的溶液換成清水做死亡鑑定步驟。
4. 以上實驗步驟重複 5 次，每次分別將恆溫培養箱溫度設定為 10°C、12.5°C、15°C、17.5°C 及 20°C。

二、咖啡因對福壽螺食慾的影響

取 1.3±0.5g 的福壽螺 200 隻分兩群，各組以重量分對稱的兩組以當實驗組及對照組，並一一稱重加以標號，每天檢測其存活狀況，若有死亡個體，則將對應編號的福壽螺一併移除，分別以萵苣餵食 1 小時並檢測萵苣被食之重量，待兩組所食重量約略相同(誤差值在±0.1 以下)後，進行以下實驗。

- (一) 將實驗組換至 0.01% 及 0.005% 咖啡因溶液中。
- (二) 每次實驗前檢查福壽螺的存活。
- (三) 每天固定時間置入等重萵苣餵食一次，使其進食 1 小時，再將萵苣取出稱重，比較其進食量。
- (四) 每次實驗結束後更換新鮮溶液，以確保溶液品質維持在穩定狀況。



圖 2 咖啡因對福壽螺食慾影響的實驗配置圖

三、咖啡因對福壽螺生長速率的影響

- (一) 選取 4 堆由田間採集回來的卵塊分別以編號 1、2、3、4 稱之。
- (二) 將由同一卵塊孵出且已開始進食(約一星期後)的福壽螺，各取出 25 隻總重相近的個體分別放置於蒸餾水及 0.01%的咖啡因溶液中。
- (三) 每天觀察其存活情況，並每三天以等重的高苣餵食，同時更換新鮮溶液，以確保溶液品質維持在穩定狀態。
- (四) 於 7 天後，將福壽螺取出並稱重。

四、市售咖啡粉溶液對福壽螺的影響

- (一) 以蒸餾水將市售咖啡粉 30g 加蒸餾水配置成 600ml 咖啡溶液，靜置 24 小時後以紗布過濾之。
- (二) 取 2.5 ± 0.5 g 的福壽螺 60 隻分成 3 組，兩組實驗組及一組對照組，分別放入蒸餾水及兩種市售咖啡粉濾液中 48 小時。
- (三) 於 48 小時後將福壽螺從受試溶液中取出，置於清水中做死亡鑑定步驟。

陸、研究結果

一、咖啡因對福壽螺存活的影響

(一) 不同濃度的咖啡因溶液對 $1.5\pm 0.5g$ 福壽螺的影響

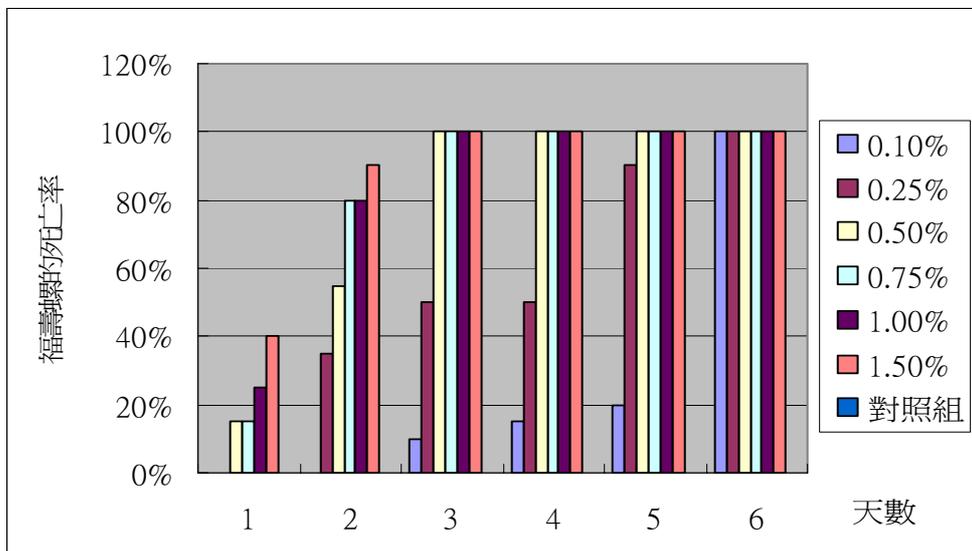


圖 3 $1.5\pm 0.5g$ 的福壽螺長時間置於不同濃度的咖啡因溶液中的死亡率

由此結果中第二天的數據求出線性回歸曲線:

$$y=118.6x-11.86 \quad (x:\text{濃度}, y:\text{死亡率})$$

由所求得的方程式計算出半數致死濃度為 0.52% (48 小時)

註:以下實驗所用的 $LC_{50}(48)$ ，皆代表由此實驗所求得的半數致死濃度

(二) 相同濃度的咖啡因溶液對不同重量的福壽螺的影響

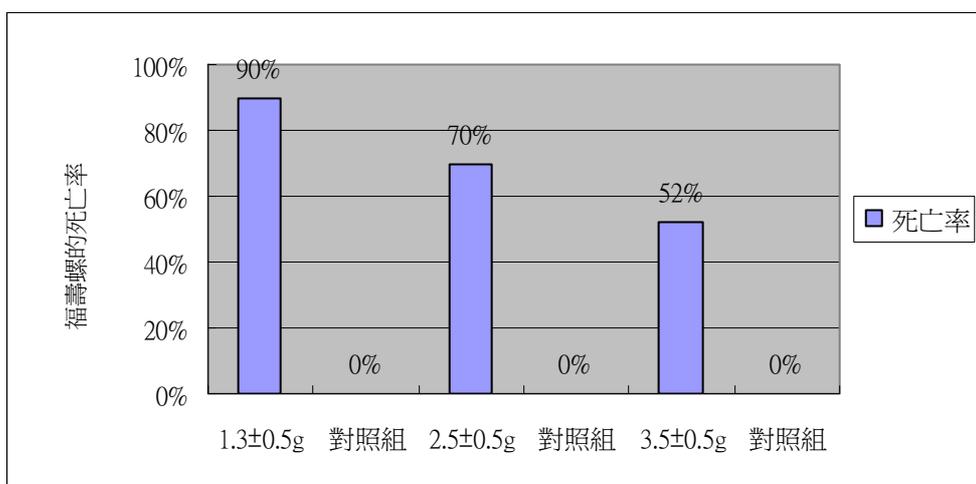


圖 4 不同重量的福壽螺持續 48 小時處於 $LC_{50}(48)$ 環境中的死亡率

(三) 0.01% 咖啡因溶液對福壽螺的影響

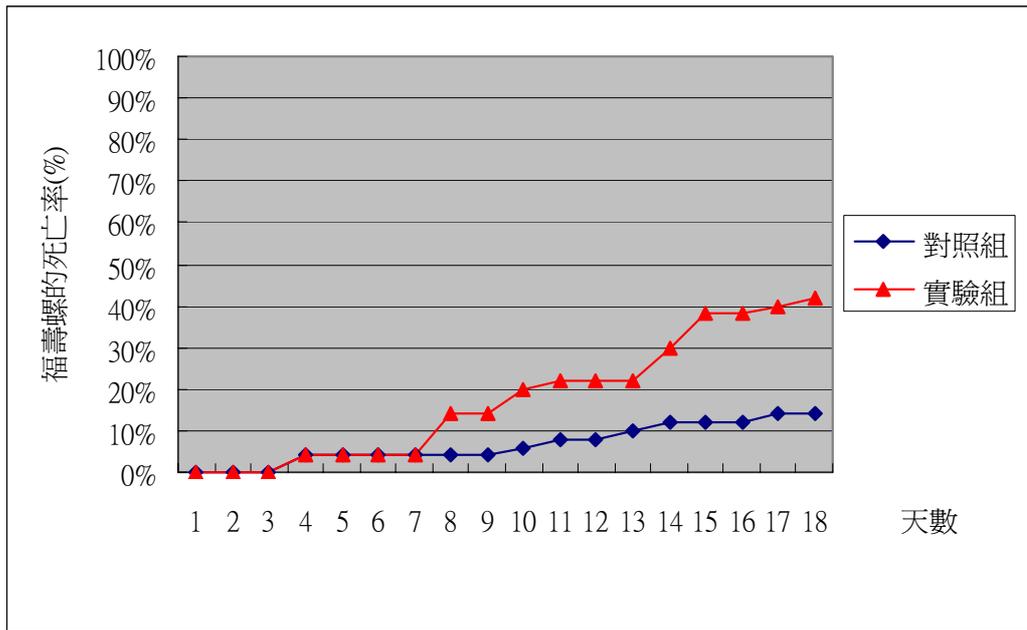


圖 5 0.5g 以下的福壽螺長時間處於 0.01% 咖啡因環境中的死亡率

(四) 在相同濃度的咖啡因溶液中，溫度對福壽螺的影響

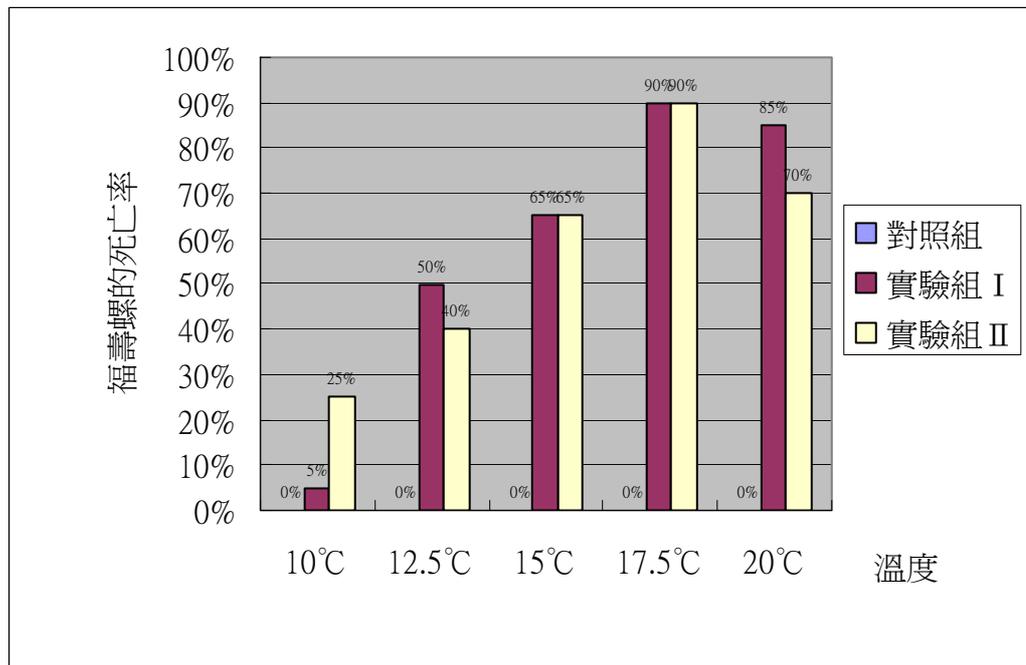


圖 6 在 0.5% 咖啡因溶液中，不同溫度對福壽螺的影響

二、 0.01% 咖啡因溶液對福壽螺食慾的影響

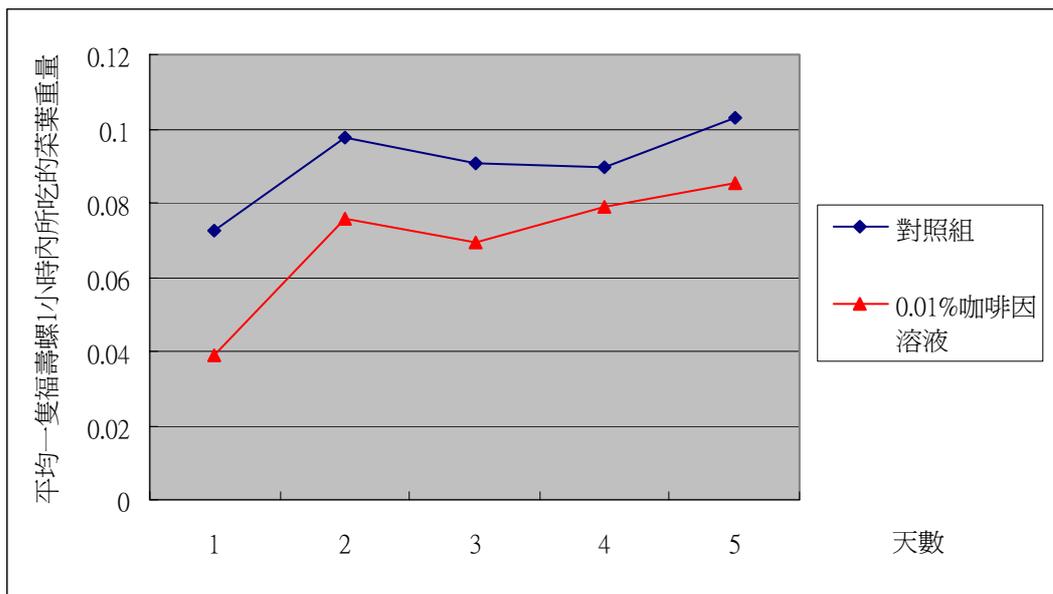


圖 7 1 小時內，0.01% 的咖啡因溶液對福壽螺食慾的影響

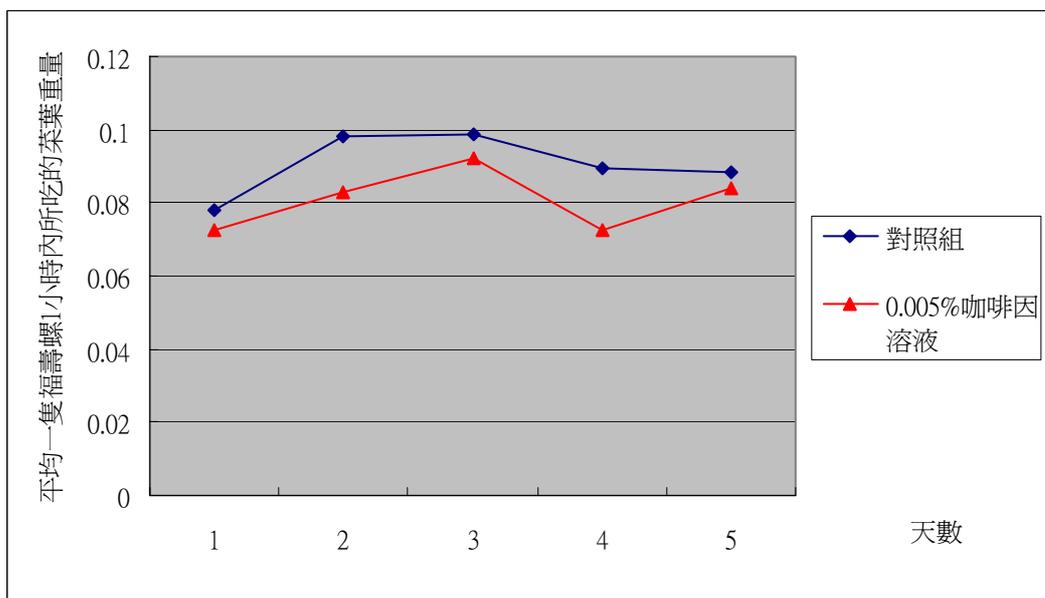


圖 8 1 小時內，0.005% 的咖啡因溶液對福壽螺食慾的影響

三、 咖啡因對福壽螺生長速率的影響

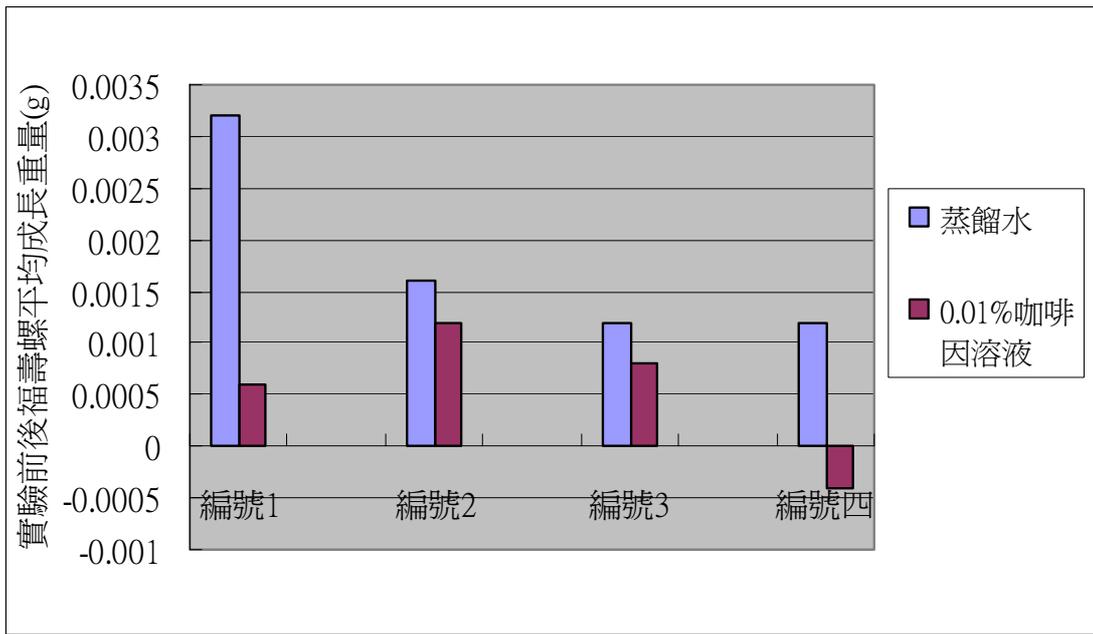


圖 9 0.01% 咖啡因對初生螺生長速率的影響(7 天)

四、 市售咖啡粉所泡製的咖啡溶液對福壽螺的影響

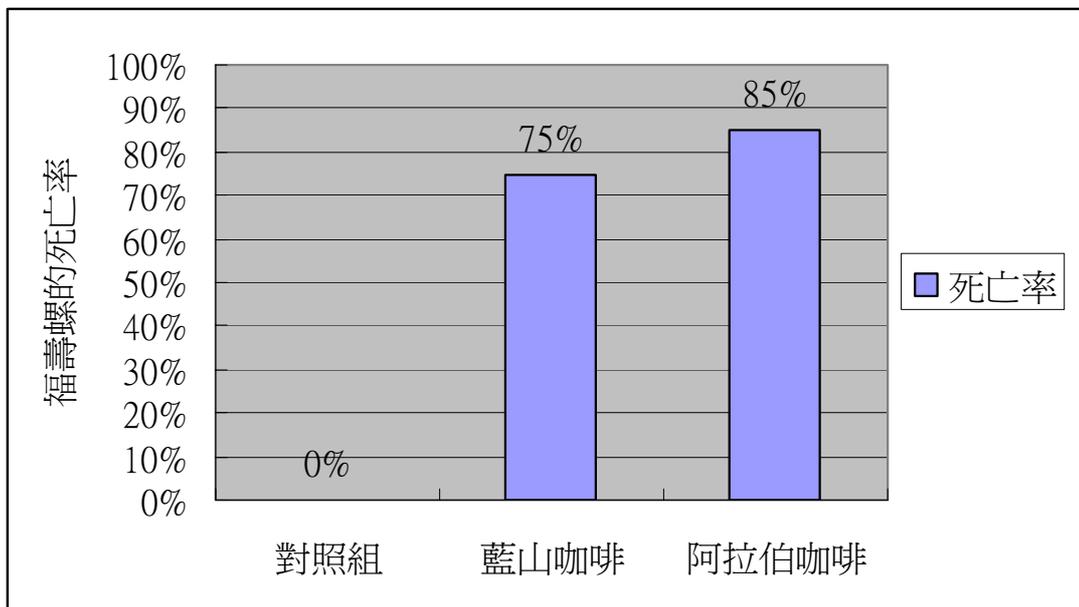


圖 10 福壽螺處於不同品牌的市售咖啡粉濾液中 48 小時後的死亡率

註：濾液為 30g 的各品牌咖啡粉以蒸餾水配置成 600ml 溶液，靜置 24 小時後以紗布過濾之溶液

柒、討論

經過多次的不同濃度測試後，大略得知咖啡因對福壽螺致死的濃度約為 0.1%~1.5%，因此我們選用 0.1%、0.25%、0.5%、0.75%、1.0%、1.5% 六個不同濃度咖啡因溶液對福壽螺進行測試，其結果如圖 3。結果顯示，浸泡的第一天，各濃度並沒有明顯過半的死亡率，第二天時，各組的死亡率即有明顯的差異，到了第三天，濃度較高的咖啡因溶液(0.5%、0.75%、1.0%、1.5%)造成的死亡率已達到 100%，而所有受試驗的福壽螺在第六天結束實驗時皆死亡。選擇第二天的死亡率，利用回歸線求出咖啡因對福壽螺 48 小時的半致死濃度(LC₅₀(48))為 0.52%。福壽螺在 0.5% 以上的咖啡因溶液中死亡率達到 100% 皆發生在第三天以後，且在剛施藥期間福壽螺即停止活動，可能是因為螺體本身已發現外在環境變得惡劣，因而殼蓋緊閉，但咖啡因溶液還是由殼外滲入導致死亡。而在濃度低於 0.5% 的試驗期間觀察福壽螺外觀的變化發現，福壽螺在施藥的第二天後會分泌白色黏液，即使在停止活動後，仍會持續的分泌至死亡為止。初步推論分泌黏液為福壽螺的一種防禦現象，因受到咖啡因的刺激，所以螺體產生抵抗外在環境的表現。至於咖啡因殺死軟體動物的機制目前仍不明朗，其認為極有可能是藉由釋放神經元內部的鈣離子庫存而增長動作電位持續的時間，導致全身肌肉不協調並扭曲而死(Robert G. Hollingsworth, et al., 2002)。

在探討不同齡期福壽螺受咖啡因的影響時，時間上很難由飼養的過程中得到實驗動物，造成我們的困擾，不過根據資料顯示，重量與齡期有正相關，因此選定三種重量代表不同齡期的實驗進行此項測驗。其重量分別為 1.3±0.5g(齡期約一個月)、2.5±0.5g(齡期約四個月)和 3.5±0.5g(齡期約六個月，且六個月後福壽螺已是成熟個體)(鄭，2003)。由實驗結果圖 4 得知，在相同濃度下幼螺的死亡率較成螺為高，顯示年齡越小的福壽螺所需的致死咖啡因濃度越低。而根據圖 5，長時間以 0.01% 的低濃度咖啡因測試福壽螺的死亡率，實驗初期(前七天)兩組的存活率皆相同，七天後浸泡於 0.01% 咖啡因溶液中的福壽螺，其存活率漸漸與對照組有明顯差異，到實驗第十八天時，咖啡因造成的致死率已趨近 50%，顯示即使是以低濃度的咖啡因做為藥劑，只要延長其施放時間依然能達到半數的致死率。另外在以溫度為變因的實驗中，由結果圖 6 可得知，在相同濃度下，福壽螺的死亡率會隨著溫度增高而上升，在 17.5°C 時死亡率已接近高死亡率。實驗期間觀察螺體狀態，發現在 10°C 時，不論實驗與對照組的福壽螺其殼蓋都是呈現緊閉的狀態，而且也沒有白色黏液的分泌，而 15°C 時則有少數的福壽螺開始活動，顯示溫度增加活動力也隨之增加，代謝速率變快，因此咖啡因的影響就越趨明顯。

綜合以上結果，將來在利用咖啡因進行田間施藥時，可選擇於夏季溫度高時或福壽螺生長初期施藥，或利用至少一個月的休耕期，進行 0.01% 低濃度咖啡因溶液的長期施放，如此即可減少咖啡因的用量。

在測試咖啡因對福壽螺食慾的影響時，為確保實驗的公平性，實驗前將螺以重量分為對稱的實驗組與對照組，並將重量相近的螺標以相同號碼，再將螺體置於蒸餾水中，使其所食菜葉差值小於 0.1g，以確定做為實驗組與對照組的福壽螺所食菜葉量的差並非由於兩組螺體本身差異。因為將福壽螺長時間置於咖啡因溶

液中必會造成螺體死亡，所以當試驗過程中實驗組或對照組有任何福壽螺死亡，則將另一組相同號碼之螺體挑起，並選擇用平均一隻福壽螺所吃菜葉的重量作比較，以確定此實驗架構之公平。在實驗中(圖 7、圖 8)顯示不論是在 0.01% 或 0.005% 咖啡因溶液環境中，福壽螺的食慾都比對照組的低，而在 0.01% 咖啡因中的平均每隻福壽螺所食的菜葉量比在 0.005% 咖啡因中的少，可見咖啡因確實會影響其活動力，且在濃度越高時，這種情況越明顯。

在檢測咖啡因對福壽螺成長影響的實驗中，由於剛孵化的初生螺在短時間內重量增加明顯，我們選擇使用其作成長實驗，又各卵塊孵出的螺健康狀況不同，所以將變因控制在同一窩的初生螺。由圖 9 得知，置於 0.01% 咖啡因中的初生螺其增加重量皆小於對照組，但在實驗期間觀察螺體的外觀變化，發現餵食一週後，即使同一卵塊孵出的福壽螺仍會有個體上的大小差異，而在 0.01% 咖啡因溶液中死亡的初生螺，相較於同組存活的螺，其個體偏小，因此我們認為咖啡因除了會抑制螺的成長外，也會促使初生螺群體中健康狀況較差的個體死亡。

至於實際的應用上，純化的咖啡因較為昂貴，但若能以咖啡飲料取代純化咖啡因，那其應用在防治上的可能性才能提高。根據資料顯示包裝或即溶咖啡飲料中的咖啡因含量約有 0.05%，而沖煮的咖啡則有超過 0.5% 以上的咖啡因含量 (<http://www.coffeeland.com.tw>)，亦即一杯沖煮的咖啡便可在兩天使福壽螺半數以上死亡，在我們的實驗中，以 30g 市售咖啡粉加蒸餾水配置成 600ml 溶液咖啡溶液，在浸泡四十八小時後，便能將福壽螺致死且死亡率在 50% 以上(圖 10)，可見將來若能將回收過期咖啡或沖煮後的咖啡渣應用在福壽螺的防治上，應有相當高的可能性。

捌、結論

一、咖啡因對福壽螺存活的影响

(一) 相同重量的福壽螺於愈高濃度的咖啡因溶液中，死亡率愈高。

(二) 不同重量的福壽螺於相同濃度的咖啡因溶液中，重量愈輕的福壽螺，其死亡率愈高。

(三) 相同重量的福壽螺置於低濃度咖啡因溶液中的時間愈長，死亡率愈高，故將福壽螺置在咖啡因溶液中的時間愈長，使福壽螺半數死亡所需的濃度愈低。

(四) 在相同濃度的咖啡因溶液中，溫度越高，福壽螺的死亡率也隨之增加。

二、咖啡因溶液可降低福壽螺的食慾，且其食慾會隨咖啡因濃度的增加而減少。

三、咖啡因溶液可使初生螺的成長減緩。

四、將市售咖啡粉以蒸餾水泡製 0.5% 咖啡溶液於 24 小時後之濾液即可使福壽螺在 2 天內達 50% 以上的死亡率。

五、未來展望

咖啡因為自然環境中穩定性高的天然有機物，不像其他物質容易被分解，使得於田間施放時，其含量不易隨時間改變，且對軟體動物造成的傷害明

顯，但仍有許多需解決的問題，包括咖啡因是否會影響農作物生長、是否造成稻田四周環境及生物的危害等實際田間操作可能發生的問題，值得做進一步的探討。

玖、參考文獻

- 一、.巫文隆 2003 福壽螺在台灣
- 二、林金樹 1986 福壽螺之生態觀察
- 三、林金樹 1986 福壽螺生態及防除
- 四、鄭雯漪 2003 利用蘇力菌素防治福壽螺之病理探討
- 五、賴景陽 臺灣自然觀察圖鑑(13)-貝類 臺北市 渡假出版社 P:200 1988
- 六、Mochida, O. 1991. Spread of freshwater *Pomacea* snail (Pilidae, Mollusca) from Argentina to Asia. *Micronesica*, Supplement 3: 51-62.
- 七、Robert G. Hollingsworth, John W. Armstrong, and Earl Campbell . 2002. Caffeine as a repellent for slugs and snails. *Nature* 417:915-916
- 八、<http://www.applesnail.net>
- 九、<http://www.fx12.net/JBZT/NK-1/WHZD-1ywxdlcyp/20040723139086795.htm>
- 十、<http://www.coffeeland.com.tw>

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 生物(生命科學)科

佳作

040716

福壽螺，來杯咖啡吧！

國立花蓮女子高級中學

評語：

1. 能控制變因觀察到明確之實驗結果
2. 能就地取材進行分析
3. 鼓勵進行更深入之研究