

投稿類別:自然科學類

篇名:

探討麩胺酸鈉限制蝸牛分布之可行性

作者:

傅詩晴。花蓮縣國風國中。八年十四班。

李康賢。花蓮縣國風國中。八年十四班。

指導老師:

林靜君老師

蔡欣吟老師

隊名:

台灣特有種

## 一、研究動機

蝸牛是一種農田中常見的有害生物，牠會去啃食農作物，造成作物不美觀或是無法販售，另外也有寄生蟲的問題，造成生菜沙拉有被污染的疑慮。

台灣已被命名的現生種蝸牛約有 329 種，最常見蝸牛有非洲大蝸牛—牠是台灣目前體型最大的蝸牛，常啃食農作物，和同型巴蝸牛(又名扁蝸牛)，兩者皆為植食性的蝸牛，在農田中十分常見，我們想利用容易取得且可食的材料測試蝸牛忌避的程度，來看是否能限制蝸牛分布，達成防治蝸牛對高單價的生菜造成的損害。

## 二、文獻回顧

網路影片中常常看到介紹用廢棄物或是可食用性的素材來進行蝸牛防治，如咖啡渣、苦茶粕、矽藻土、食鹽等。

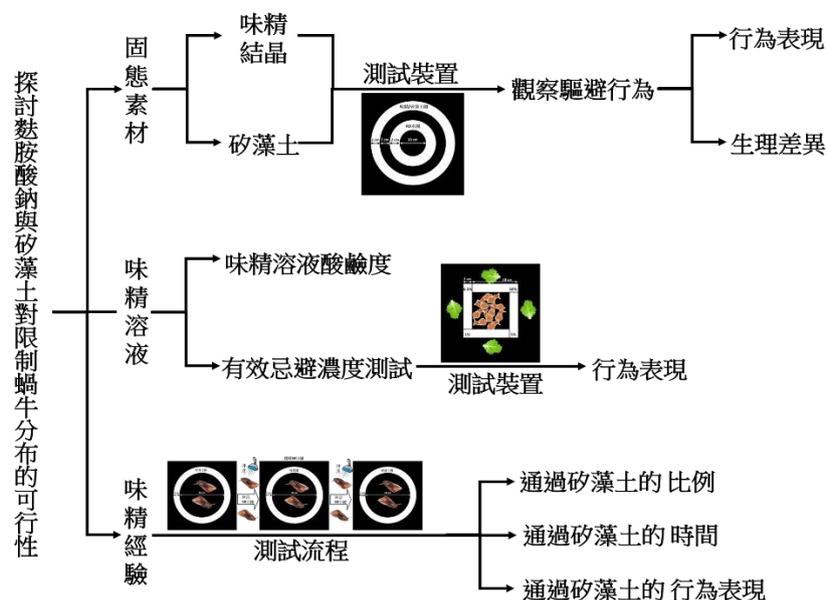
2012 年林正文等人的研究指出硼酸和小蘇打的比例 1:1 效果最佳。在咖啡的應用上，純咖啡因粉對防治蝸牛有一定的效率，但咖啡渣卻無作用(徐嘉澤，2021)，咖啡渣混合苦茶粕，或小蘇打、硼酸，會使蝸牛逃跑或死亡，對於蝸牛的刺激性與發揮的持久性也有顯著的成效。如果只有咖啡渣，對於蝸牛的刺激性與發揮的持久性都太弱。陳俊宏等人(2015)運用以 95%酒精浸泡澳洲茶樹製備的防蝸牛劑，可降低蝸牛啃食火龍果枝條的危害。而上述的素材有些是萃取後的植物殘渣，未經發酵直接使用可能會腐敗發臭招來蚊蟲，而食鹽、鹼性或酸性等素材用量使用不當也可能導致土壤酸鹼性改變、滲透壓過大導致對土地和植物造成影響。

味精(麩胺酸鈉)和矽藻土都是動物可食用，而矽藻土也曾被因銳利的邊緣及脫水性，而被用來作為蟲害防治的素材，因此我們想觀察蝸牛接觸味精或矽藻土時的忌避行為表現，以瞭解這兩種物質有沒有發展成蝸牛防治素材的潛力。

## 三、研究目標

- (一) 探討味精結晶與矽藻土對非洲蝸牛與扁蝸牛忌避行為的影響
- (二) 味精水溶液對蝸牛忌避行為影響之差異
- (三) 蝸牛在有味精經驗後，對環境探索活動的差異

## 四、研究架構



## 五、研究材料

味精 (L-麩胺酸鈉, monosodium L-Glutamate, 味丹企業股份有限公司)

矽藻土 (Perma-Guard Inc.)

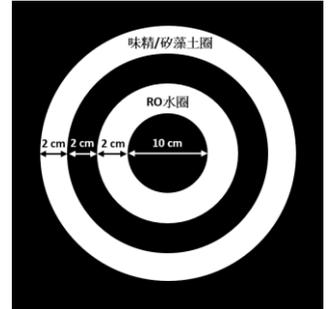
廣用試紙 (東陽試紙研究所)

手機微距鏡 (台灣大學應用力學研究所江宏仁助理教授提供)

## 六、實驗方法

### (一) 探討味精結晶與矽藻土對非洲蝸牛與扁蝸牛驅避活動的影響

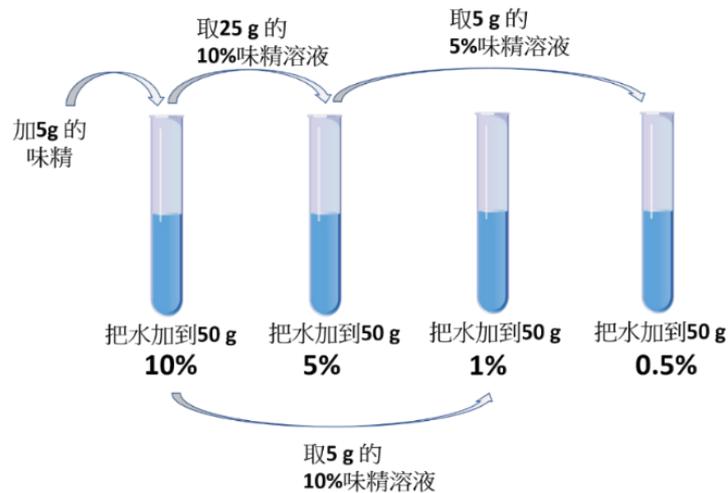
1. 將黑底 PE 板內距圓心半徑為 5 cm 之處，鋪上寬度為 2 cm 的圓圈圖畫紙(已被 RO 水浸濕)；而外圈(距圓心半徑為 9 cm)鋪上固體味精結晶或矽藻土，作為測試蝸牛驅避活動的裝置。
2. 架置手機或平板，抓取的蝸牛 (非洲大蝸牛 2 隻、扁蝸牛 10 隻)，放於裝置中心，縮時攝影 60 分鐘，觀察並記錄蝸牛的活動。
3. 換一批蝸牛，重複上述測試。扁蝸牛重複 2 組，中型非洲大蝸牛及大型非洲大蝸牛各重複 10 組。



### (二) 味精水溶液對蝸牛忌避影響之差異

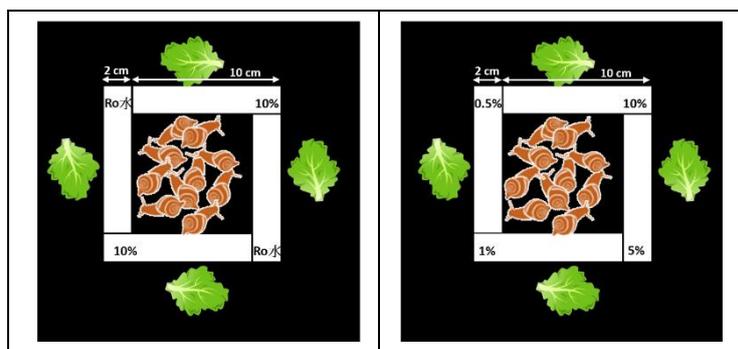
#### 1. 配置味精溶液

取 5g 的味精加入 RO 水到 50g，配置出 10% 的味精溶液。接著如下圖所示依序稀釋出 5%、1%、0.5% 的味精溶液。



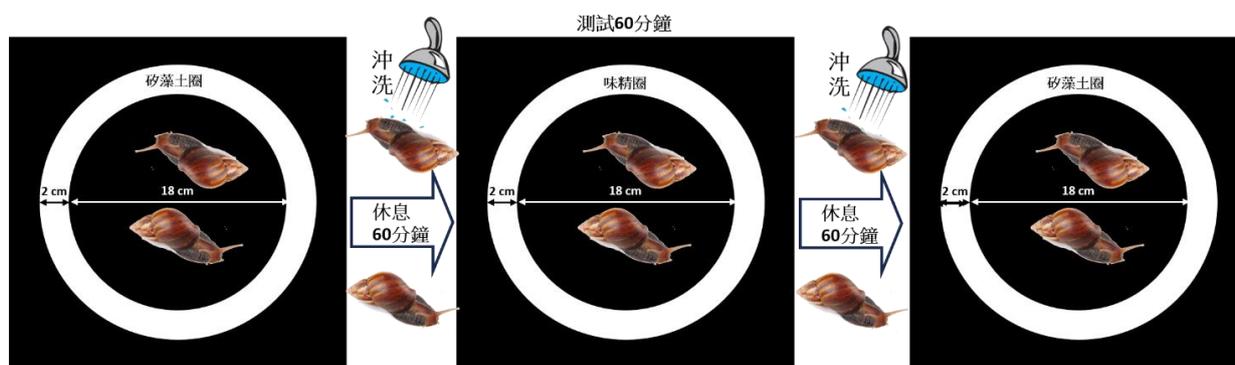
#### 2. 味精水溶液對蝸牛活動的影響

- A. 將圖畫紙裁成 4 張寬 2 cm、長 10 cm 的長方形，讓圖畫紙吸滿味精溶液(濃度 10%、5%、1%、0.5%)或 RO 水，然後排成正方形(內部寬度 8 cm×8 cm)，再將高麗菜圍在最外圍。
- B. 實驗分為兩組，兩組皆同時測試非洲大蝸牛和扁蝸牛，第一組分別將 RO 水、10% 味精、RO 水、10% 味精依序圍成正方形，第二組分別將 10%、5%、1%、0.5% 味精依序圍成正方形。
- C. 架置手機或平板，抓取飢餓處理過的蝸牛，放於裝置中心(非洲大蝸牛放置 2 隻、扁蝸牛 10 隻)，縮時攝影 60 分鐘，觀察並記錄蝸牛的活動。
- D. 換一批蝸牛，重複上述測試。扁蝸牛重複 2 組，非洲大蝸牛重複 10 組。



(三) 有味精經驗後，對蝸牛在環境探索活動時的影響

1. 將黑底 PE 板內距圓心半徑為 9 cm，寬度為 2 cm 的圓圈鋪上測試物，作為測試蝸牛活動的裝置。
2. 將 2 隻非洲大蝸牛置於外圈鋪上矽藻土的裝置中心，觀察並記錄蝸牛的逃脫時間。將蝸牛洗淨矽藻土後放入飼養盒休息 60 分鐘。
3. 再將此蝸牛置於外圈鋪上味精結晶的裝置中心進行測試 60 分鐘，結束後取出蝸牛洗淨味精，放入飼養盒休息 60 分鐘。
4. 確認蝸牛活動力後，再次將蝸牛至於外圈鋪上矽藻土的裝置中心觀察並記錄蝸牛的逃脫時間及其行為。



七、實驗結果

(一) 探討味精結晶與矽藻土對蝸牛驅避活動的影響

1. 味精測試

蝸牛碰到內圈沾有 RO 水的圖畫紙時，並不會遠離或改道，表示圖畫紙並不會對蝸牛的活動造成顯著的干擾 (圖一)。

	扁蝸牛	非洲大蝸牛
停留吃圖畫紙		

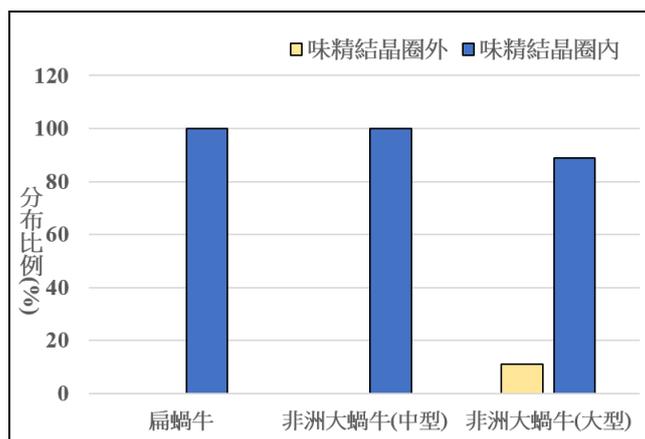
圖一、蝸牛接觸圖畫紙的行為表現

當碰到外圍的味精時，則有反覆「靠近後縮頭，縮尾，拱起腹足，或轉身往另一方向試探」的行為，有時會縮入殼中，甚至會出現異常抽搐扭曲反應（圖二）。



圖二、蝸牛碰觸味精後的驅避行為表現

測試後，扁蝸牛和殼長約 5 公分的非洲大蝸牛(以下簡稱中型蝸牛)皆全數留在味精圈內，並未突破 2 公分寬的味精圈環而移動到外面。殼長 8 公分以上的非洲大蝸牛(以下簡稱大型蝸牛)，約有 11% 會利用伸長腹足或是架於同伴身上，以跨越味精結晶圈（圖三）。



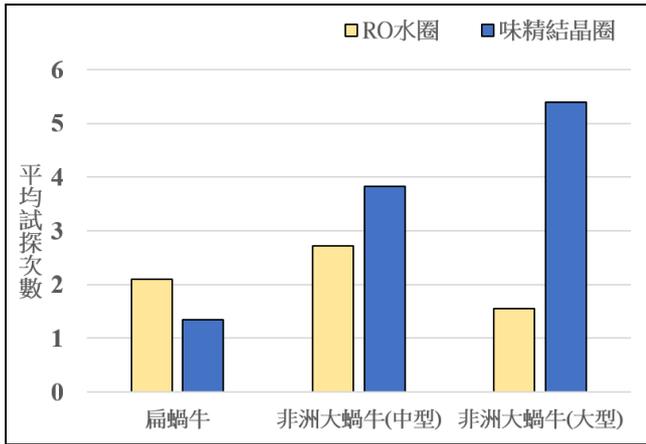
圖三、蝸牛對味精結晶的驅避表現

這些成功逃脫的大型蝸牛，在多次試探後，會先將頭抬起跨越味精圈，接著頭尾著陸、腹足拱起往前爬行，直到最後將尾巴抬起，全身通過味精結晶圈（圖四）。但若將的味精圈加寬成 4 公分，這些的大型蝸牛均無法跨越逃脫。

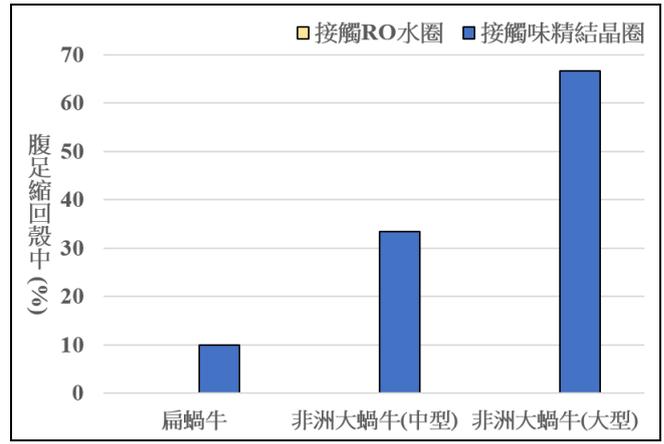


圖四、大型非洲大蝸牛蝸牛穿越味精結晶的行為表現

無論蝸牛有無跨越成功，皆是體型越大的蝸牛，試探味精結晶圈的次數越多（圖五），試探後，將整個腹足縮回殼內的比例也越高（圖六）。

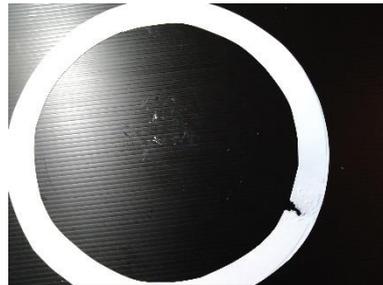
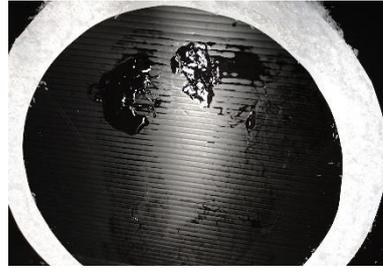


圖五、蝸牛試探味精圈的次數



圖六、蝸牛腹足縮入殼中的比例

此外，比較蝸牛接觸味精前後，其黏液的分泌情形有明顯的變化：測試前，蝸牛的黏液較濃稠且量較少，爬行後留在PE板的很快就會乾掉。接觸過味精後，靠近殼交接處的腹足，會規律地分泌大量的黏液，肉眼即能觀察到腹足背側呈現一波一波的亮帶，也就是說蝸牛背部會呈現濕了又乾，乾了又濕的情況，分泌出的黏液較稀且較多，大量的遺留在PE上(圖七)。

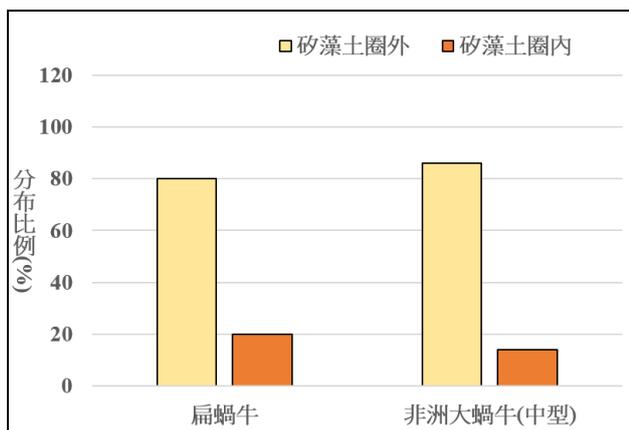
	腹足上的黏液	蝸牛移動時 PE板上的黏液	蝸牛移除後 PE板上的黏液
對照組   Ro 水			
實驗組   味精			

圖七、蝸牛碰觸味精後黏液分泌的情況

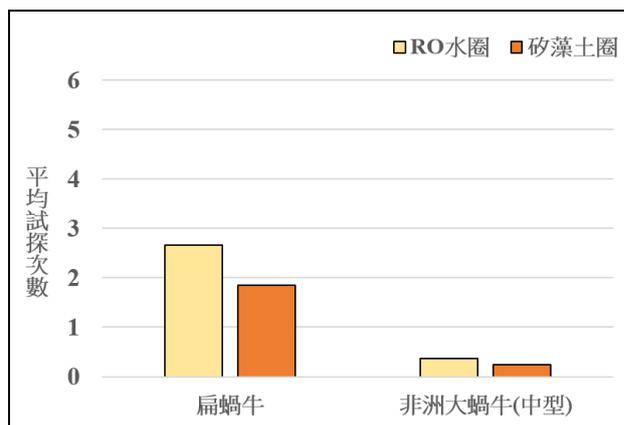
## 2. 矽藻土測試

在1小時的測試中，約80%左右的測試蝸牛會由測試圈內爬行到測試圈外面(圖八)，而沒有逃脫的蝸牛則是停留在RO水圈吃圖畫紙。穿越矽藻土，跑到圈外平均花費時間：扁蝸牛約落在750秒，而非洲大蝸牛則是280秒。

由圖九可看到：扁蝸牛試探的次數雖較非洲大蝸牛高，但平均次數皆在2次以下，和RO水圈並無明顯差異。

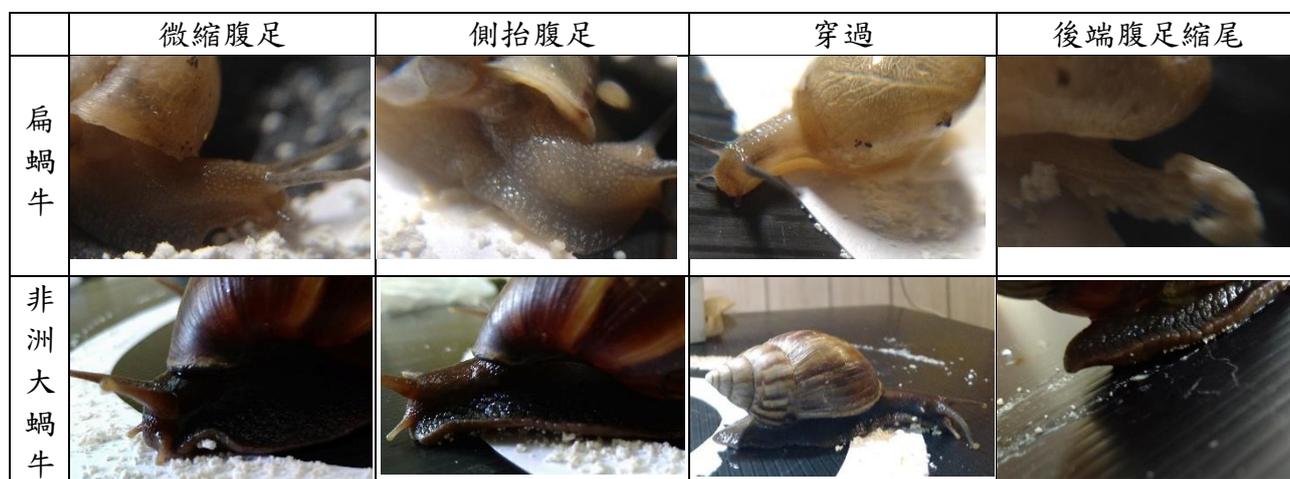


圖八、蝸牛對矽藻土圈的驅避表現

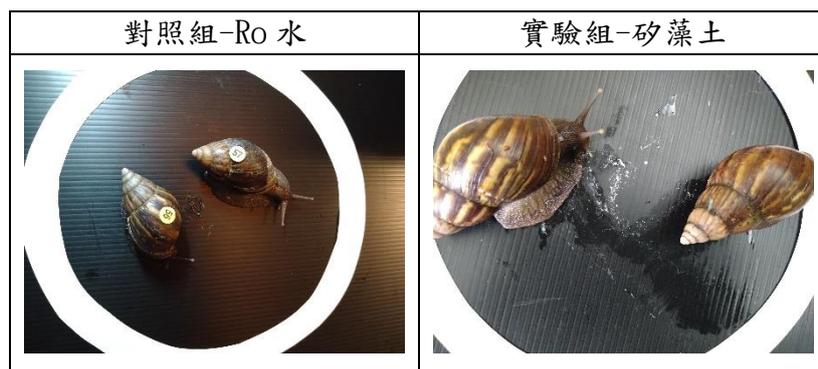


圖九、蝸牛試探矽藻土圈的次數

蝸牛碰觸到矽藻土時，不會有多次忌避和抽蓄扭動的動作，只會稍微抬起側邊的腹足，接觸矽藻土並不影響蝸牛爬行的行為（圖十）。與RO水組相比較，接觸矽藻土後蝸牛會些微增加黏液分泌，但並沒有發生整個矽藻土圈內被黏液覆蓋的情形（圖十一）。



圖十、蝸牛碰觸矽藻土後的行為表現



圖十一、蝸牛碰觸矽藻土後的黏液分泌情況

## (二) 探討味精溶液對蝸牛驅避活動的影響

### 1. 味精溶液的酸鹼值

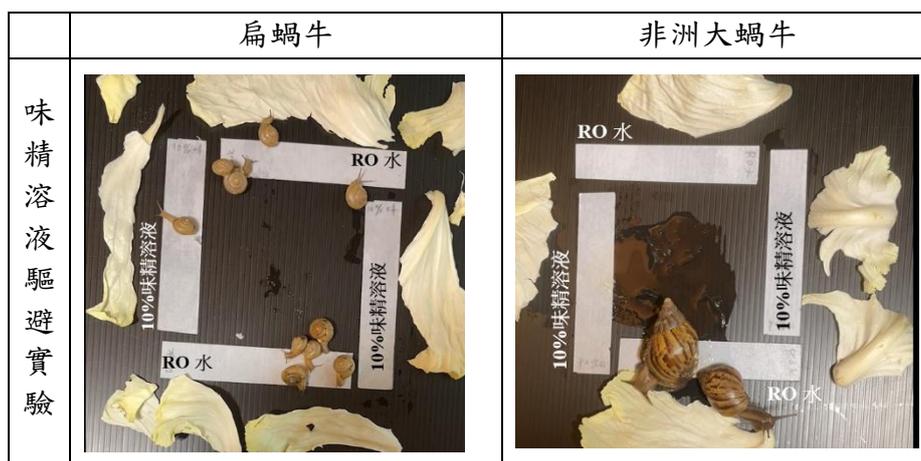
我們發現味精溶液和RO水大多為中性，而蝸牛黏液是中性偏鹼性。從試紙的呈色來看，相較蝸牛自身黏液RO水和味精溶液的酸鹼值無太大差異（圖十二）。



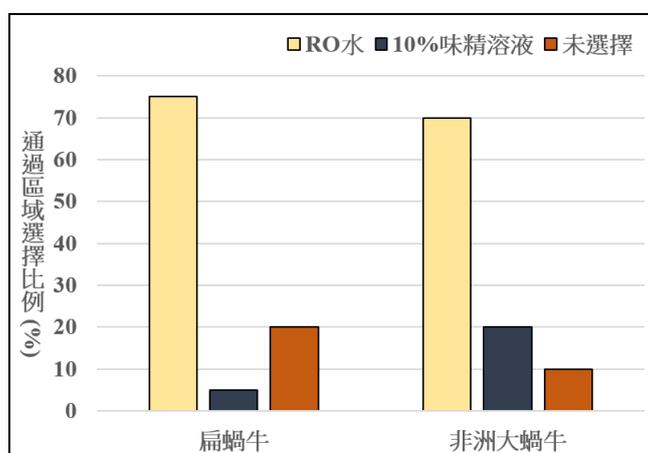
圖十二、味精溶液及蝸牛黏液的PH值範圍

## 2. 味精溶液、Ro 水測試蝸牛忌避行為

飢餓中的蝸牛必須通過沾有溶液(Ro 水或味精溶液)之圖畫紙才能覓食 (圖十三)。我們發現有 75%的扁牛蝸牛、70%的非洲大蝸牛會從沾有 Ro 水的圖畫紙穿越；穿越 10%味精溶液圖紙的扁蝸牛只有 5%、非洲大蝸牛則只占 10%。當中也有蝸牛只待在此正方形內，未離開覓食，我們定義為未選擇，大約 10%~20% (圖十四)。



圖十三、蝸牛選擇通過 RO 水圖畫和味精溶液圖畫紙的情況



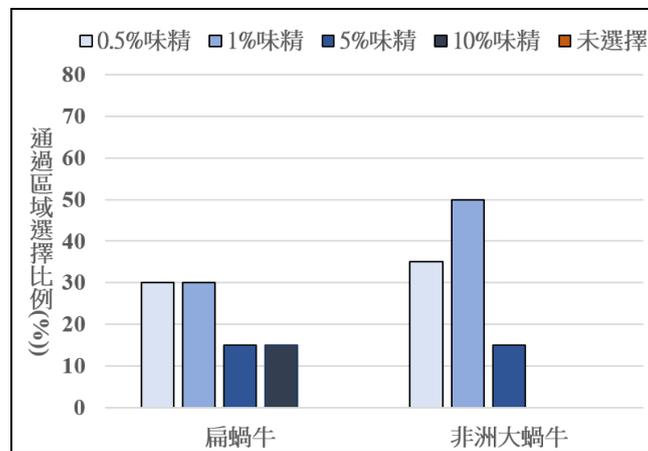
圖十四、蝸牛選擇通過 RO 水圖畫和味精溶液圖畫紙的比例

進一步檢測，把蝸牛圍困在四種不同味精溶液濃度的區域中，必須通過任一味精濃度才能覓食，結果顯示：有 6 成扁蝸牛和 8 成非洲大蝸牛會選擇通過吸飽低濃度

味精溶液的圖畫紙去覓食。兩者從 10%味精溶液圖畫紙通過的機率都低於 15% (圖十五、圖十六)。



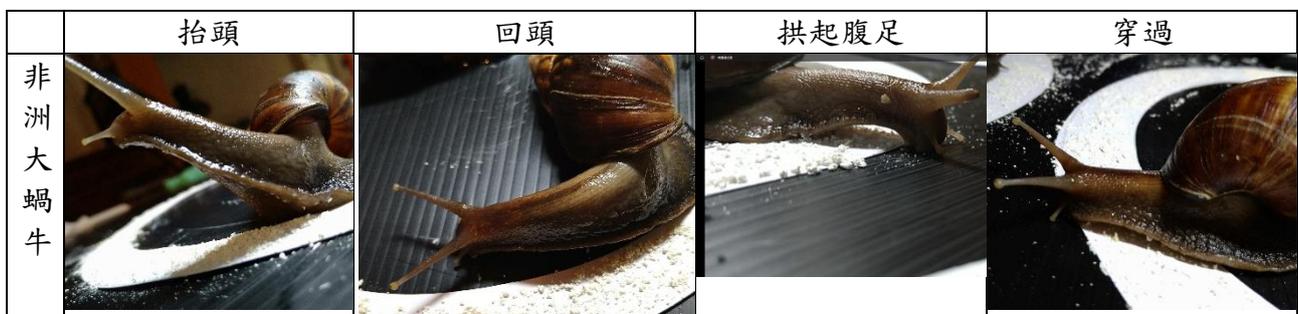
圖十五、蝸牛選擇通過味精溶液圖畫紙的情況



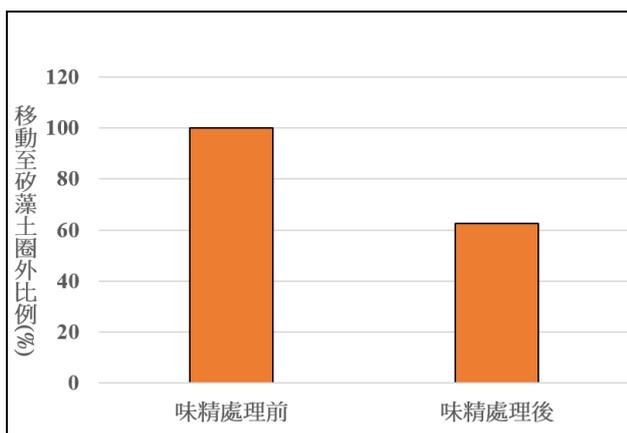
圖十六、蝸牛選擇通過味精溶液圖畫紙的比例

### (三)有味精經驗，對蝸牛探索環境活動的影響

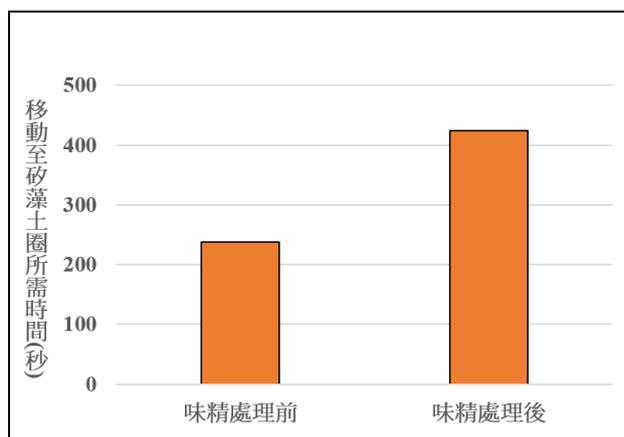
比較前後兩次蝸牛逃脫矽藻土圈的情況。結果發現，有些蝸牛在經過味精測試後，再次遭遇矽藻土時，會出現類似接觸到味精時「抬頭、拱起腹足或轉身往另一方向試探」的驅避反應(圖十七)，不過隨著時間推移，最後仍有 60%的蝸牛會逃脫(圖十八)。逃脫的蝸牛所需的逃脫時間相較於第一次矽藻土實驗上升了許多(圖十九)。



圖十七、蝸牛接觸味精再碰觸矽藻土時的行為表現



圖十八、接觸味精前後蝸牛通過矽藻土的比例



圖十九、接觸味精前後蝸牛通過矽藻土的時間

## 八、研究討論

實驗結果顯示，我們設計的實驗裝置是適合進行蝸牛選擇的測試，PE板與圖畫紙並不會影響蝸牛的活動，也不會造成牠們的忌避而影響測試的結果。

解讀實驗結果，我們認為：味精對蝸牛具有強烈刺激性。這可以從以下幾點來驗證：1. 蝸牛碰到味精會呈現退縮、抽搐扭曲，甚至縮回殼內的反應。2. 蝸牛試探次數越多，縮入殼中的比例也越高(圖三、圖四)。3. 原本蝸牛為了保溼皮膚或標定爬行路徑，會分泌黏稠黏液，分泌黏液的方式是讓泌流溝呈現一乾一濕的周期變化，但當牠接觸味精之後，泌流溝的乾溼周期縮短，蝸牛停留的地方會有一大灘較稀的黏液，推測這是因為牠們想更快地將味精刷洗掉。4. 少數成功跨越味精圈的大型蝸牛，是利用將身體延長並拱起中段腹足來跨越味精圈，但將味精圈加寬至4公分時，牠便無法利用懸空身體的方式跨越，而會被困在味精圈中。

進一步比較發現，非洲大蝸牛試探味精圈的次數比扁蝸牛的次數多，我們認為可能的原因有：1. 非洲大蝸牛的體型較大，能在味精圈內的活動空間較小，所以較容易碰到味精圈。2. 蝸牛體型越大，對於味精刺激的忍受度可能也更大，所以相較於體型較小的扁蝸牛，非洲大蝸牛所試探的次數更多。再比較同為非洲大蝸牛的结果，大型蝸牛也比中型蝸牛試探的次數多，但就如上段所說的：試探次數越多，縮回的比例也越大，這意味著就算蝸牛體型大，能有較多次的試探，但每一次的觸碰對蝸牛來說也都是刺激。

此外我們好奇當味精製成水溶液時，是否仍具刺激性而對蝸牛產生忌避的功效？根據資料顯示在正常的食用罐頭中味精用量為0.3%~1.6%，而用於烹飪和食品加工時，一般用量為0.2%~0.5%，用作營養增補劑時，限量12.4%，因此我們在實驗選擇濃度10%、5%、1%、0.5%的味精溶液進行測試。結果顯示：有70%的蝸牛會選擇沒有味精的一端逃脫，但若都必須接觸味精才能逃脫時，蝸牛會選擇濃度較低的一端。這4個濃度的味精溶液其酸鹼度約為中性，與RO水的酸鹼度相差無幾，而蝸牛黏液偏弱鹼性，因此推斷，蝸牛不是因酸鹼性的差異做出驅避的行為，可能是較高濃度的味精對蝸牛仍具刺激性。綜合以上，在未來蝸牛驅避應用上，味精溶液的濃度在5%以上，才是能讓蝸牛產生忌避行為有效的濃度。

文獻指出蝸牛具有記憶性的，其記憶可持續4到120天不等，而且會記得環境刺激和食物方位的關聯性(林暉烈等人，2007)。我們利用簡單的實驗設計，初步探討蝸牛遭遇味精的經驗後，是否也有記憶性而影響對環境的探索強度。結果顯示：有味精經驗後，成功通過矽藻土的蝸牛數量約會降低四成，而通過矽藻土所需的時間延長將近2倍，似乎暗示蝸牛對於味精的刺激是具有記憶性。然而，這樣的記憶能持續多久，則須

更進一步地探討。

矽藻土是一種天然的除蟲劑，利用矽藻土具有吸收液體的特性，吸附昆蟲外皮的水分或油質，會讓它們漸漸乾枯死亡，不過這需要接觸矽藻土半小時到 48 小時的時間。我們從實驗觀察到蝸牛基本上不會忌避我們設計的矽藻土圈，雖然接觸時腹足有一點縮起來，但幾乎都能安然快速通過矽藻土圈。我們推測這可能是因為和昆蟲相比蝸牛體積相對龐大，又可透過不斷分泌黏液來清潔身體，在實驗結束時，我們曾將非洲大蝸牛的腹足塗滿矽藻土，最後發現這些矽藻土都會裹著黏液，從蝸牛身上脫落。因此，矽藻土無法限制蝸牛的分布。

## 九、研究結論

- (一) 味精對蝸牛具有強烈刺激性，味精結晶或濃度 5% 以上的味精溶液均能限制蝸牛的移動範圍。
- (二) 以味精限制蝸牛移動範圍時，蝸牛能辨識並選擇濃度低的一端穿越。
- (三) 蝸牛對味精的刺激具有短暫記憶性，接觸味精後對環境的探索較不活躍。

## 十、未來研究方向

- (一) 找出對蝸牛最有效又不會傷害到植物的味精溶液濃度。
- (二) 研究蝸牛對味精刺激性的記憶周期。
- (三) 研究味精溶液對限制蝸牛活動的時效性。

## 十一、引註資料

### (一) 書籍

1. 謝伯娟(2003)。台灣蝸牛圖鑑。行政院農業委員會。
2. 謝伯娟、黃重期、吳書平(2003)。台灣蝸牛圖鑑。中原造像股份有限公司。
3. 謝伯娟 (2004)。蝸牛不可思議。中原造像股份有限公司。

### (二) 文章

1. 林暉烈、劉皓鳴、張育弼、姚靖軒(2007)。背著房子走天涯-蝸牛對光、電、環境刺激的反應。中華民國第 47 屆中小學科學展覽會。<https://reurl.cc/DoyWbE>
2. 黃世仁(2009)。自由中的慢活者：蝸牛。環境資訊中心。<https://e-info.org.tw/node/50950>
3. 林正文、曾偉翔、林敬智 (2012)。環保新妙招-讓蝸牛喝咖啡。101 年全國高職學生實務專題製作競賽。<https://reurl.cc/NyAzNk>
4. 陳俊宏、黃志豪 (2015)。一物剋一物 蝸牛怕茶樹。中華民國第 55 屆中小學科學展覽會。<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/55/pdf/091409.pdf>
5. 蔡奇立、謝伯娟(2016)。蝸牛、臉書與公民科學。科學發展 2016 年 6 月 522 期。<https://reurl.cc/V4R5EZ>
6. 徐嘉澤、梁晉璋、胡宸睿(2021)。蝸牛喝咖啡，喝到天上飛。2021 全國科學探究競賽。<https://reurl.cc/blGnRX>

### (三) 網路資料

1. 香港綠色園藝交流平台。【可食用的除蟲劑！？】矽藻土除蟲和你不知道的用途(農業篇)。(擷取日期:2023 年 9 月 23 日)。<https://reurl.cc/ga2LRQ>
2. 味丹官網。麩胺酸簡介。(擷取日期:2023 年 9 月 23 日)。<https://reurl.cc/1GZr7Q>