

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030309

「避蝸」天材--白玉蝸牛對各作物的迴避反應

學校名稱：臺南市私立瀛海高級中學(附設國中)

作者： 國二 林亭妤 國二 李昕縈 國二 林沛可	指導老師： 武若婷 陳奕宏
---	-----------------------------

關鍵詞：蝸牛、生物防治、多酚

摘要

在不破壞環境、影響生態系及直接殺害蝸牛的前提之下，我們採用以自然作物使蝸牛迴避的方式，希望能夠減少農作物的損害，同時達到永續發展的目標。我們透過多種管道得知蝸牛可能迴避或喜愛的特定作物，由於白玉蝸牛與非洲大蝸牛的食性大致相同，於是利用九宮格實驗實測白玉蝸牛對於各種作物的反應，以得出蝸牛的吸引作物與迴避作物。接者再針對上述實驗結果得到的二種迴避作物到手香與檸檬皮進行實測，研究結果證實該二作物確實可降低受蝸牛啃食的機率。我們更進一步延伸探討柑橘屬果皮的多酚含量作用，研究結果得知多酚含量越多越能對蝸牛產生迴避作用。藉由此次的實驗，我們初步篩選出會使蝸牛迴避的作物，希望日後能夠具有生物防治的實用性。

壹、研究動機

民國22年日治時期迄今，臺灣農業發展所伴隨的夢魘正悄悄上岸，從前的熱炒店寵兒到如今的田園殺手，牠正是一非洲大蝸牛。非洲大蝸牛在白化亞種—白玉蝸牛因肉質豐厚，低脂肪與將近零膽固醇，以至於在近年掀起食用白玉蝸牛的浪潮，更有商人為了經濟利益而大規模飼養；但也因數量繁多造成管理不易而有許多蝸牛會爬到田野間，進而造成對農作物的危害，臺灣約有五百多種農作物慘遭迫害，而牠身上的病原體也可能危害著人體健康。然而現有的蝸牛防治方法，大多數是使用化學藥劑，可能造成其他動物誤食而影響生態系穩定，而撒鹽或石灰等防治法也將改變土壤酸鹼值，間接不利永續農耕。為達到世界衛生組織發布的2030永續發展目標，於是我們希望以自然作物影響蝸牛的喜惡選擇，有效的使蝸牛迴避經濟農作物。為什麼我們不直接將蝸牛趕盡殺絕呢？因為蝸牛在生態系中扮演著穩定生態系不可或缺的角色。而身為消費者的蝸牛主要以食用植物為主，植物中的有機成份快速進入土壤，此舉有利農耕。因此若我們大量消滅蝸牛，短時間可能破壞生態系，長期則可能降低土壤肥沃度。

貳、研究目的

- 一、探討蝸牛對作物之反應與移動軌跡並篩選出蝸牛之迴避作物及吸引作物
- 二、探討非洲大蝸牛與白玉蝸牛之迴避作物與吸引作物差異
- 三、探討芸香科柑橘屬多酚含量
- 四、探討到手香及檸檬皮運用之能力

參、研究設備與材料

一、器材與設備

圖示				
名稱	白玉蝸牛	非洲大蝸牛	九宮格模型	電子磅秤
學名	<i>Achatina fulica</i>	<i>Achatina fulica</i>	Jiugongge model	Electronic scale
圖示				
名稱	磷鉬酸	碳酸鈉	酒精	沒食子酸
學名	$H_3PMO_{12}O_{40}$	Na_2CO_3	C_2H_5OH	$C_6H_2(OH)_3COOH$
圖示				
名稱	蒸餾水	氣炸鍋	電磁加熱攪拌器	分光光度計
學名	Distilled water	Air fryer	Electromagnetic heating stirrer	Spectrophotometer

二、材料

名稱	橘子	柳丁	檸檬	芥菜
學名	<i>Citrus reticulata</i>	<i>Citrus sinensis</i>	<i>Citrus limon</i>	<i>Brassica juncea</i>
名稱	高麗菜	蘿蔔	胡蘿蔔	青花菜
學名	<i>Brassica oleracea</i> <i>var. capitata</i>	<i>Raphanus raphanistrum</i> <i>subsp. sativus</i>	<i>Daucus carota</i> <i>subsp. sativus</i>	<i>Brassica oleracea</i> <i>var. italica</i>
名稱	小白菜	青江菜	番薯葉	蕹菜
學名	<i>Brassica rapa chinensis</i>	<i>Brassica chinensis</i> L. <i>CV. Ching-Geeng</i>	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam. <i>Convolvulus batatas</i> L.	<i>Ipomoea aquatica</i>
名稱	苦瓜	山苦瓜	小黃瓜	洋蔥
學名	<i>Momordica charantia</i>	<i>Momordica charantia</i> L. <i>var. abbreviate</i> Seringe	<i>Cucumis sativus</i>	<i>Allium cepa</i>
名稱	韭菜	玉米	旱芹	芫荽
學名	<i>Allium tuberosum</i>	<i>Zea mays</i>	<i>Apium graveolens</i>	<i>Coriandrum sativum</i>
名稱	蒜頭	蔥	薑	大番茄
學名	<i>Allium sativum</i>	<i>Allium fistulosum</i>	<i>Zingiber officinale</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>
名稱	辣椒	茄子	甜椒	薄荷
學名	<i>Capsicum annuum</i>	<i>Solanum melongena</i>	<i>Capsicum annuum</i>	<i>Mentha canadensis</i>

名稱	九層塔	迷迭香	到手香	咖啡渣
學名	<i>Ocimum basilicum</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Coleus amboincus</i>	<i>Coffee grounds</i>
名稱	成分為：黃豆粉 22%、玉米粉 8%、麥粉 12%、米粉 18%、大豆粉 12%、豆餅 4%			
飼料	%、蛋殼粉 6%、骨粉 4%、發酵母粉 6%、氫鈣粉 1%、賴氨酸 1%、維生素C 1%、魚粉 4%、微量元素 1%			

肆、研究方法

一、研究方法說明與文獻整理

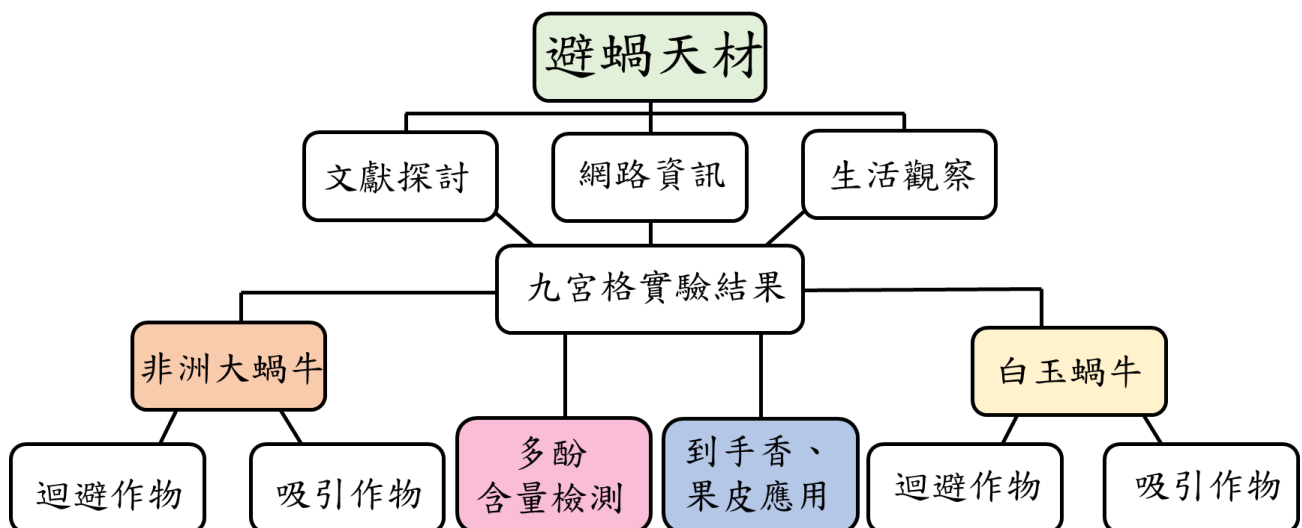
研究方法	參考文獻	文獻內容摘要
使用九宮格模型	(Hall & Ballachey 1932) Open Field	Commonly, the field is marked with a grid and square crossings.
18x18x6的尺寸、 20分鐘實驗時間	(李玉萍等六人，民國68年) 蝸牛的幾則趣味習性與爬行速度	蝸牛在土地上每十分鐘爬行七公分（換算二十分鐘可爬十四公分，在十八公分的九宮格內，可走到實驗的目的地）
選擇使用芸香科的柑橘類水果果皮作為實驗材料	(農業知識入口網，2016年1月20日) 如何防治蝸牛、蛭、螺類等有害生物	為了達到最佳效果，不妨用蝸牛喜歡的食物吸引它們。 例如：柑橘類水果的果皮。
選擇使用旱芹、大蒜、青蔥、洋蔥、韭菜、胡蘿蔔、蘿蔔、番茄、辣椒	(有機農業全球資訊網2018年12月18日) 忌避作物	忌避作物的選擇； 旱芹、大蒜、青蔥、洋蔥、韭菜； 根菜類：胡蘿蔔、蘿蔔； 果菜類：番茄、辣椒。
為何選用薄荷、九層塔、薑作為實驗材料	(健康跟著走) 【蝸牛吃九層塔】	指出蝸牛不喜歡食用的作物，例如：蔥、薑、蒜、辣椒、薄荷、九層塔。

為何選用迷迭香作為實驗材料	(有機農業全球資訊網2018年12月18日) 忌避作物	迷迭香Rosemary為唇形科，防除病蟲害名: 紋白蝶、胡蘿蔔蠅、夜盜蟲、蝸牛、 蛞蝓、蘋果棉。
為何選用咖啡渣作為實驗材料	(Robert G. Hollingsworth & John W. Armstrong & Earl Campbell (June 2002) Caffeine is a repellent for slugs and snails. Nature.	為了測試咖啡因溶液是否可使蝸牛迴避， 用2%的咖啡因溶液徹底潤濕土壤。 3.5小時後，土壤中僅殘留25%的蛞蝓; 48小時後，所有蝸牛都離開了土壤， 92%死亡。

研究方法	研究方法說明
使用高麗菜、青花菜、小白菜、茄子、甜椒、蕃薯葉、蕹菜、玉米、青江菜、小黃瓜作為實驗材料	此類作物為農家經常種植的作物，我們想得知何者為日後較需防治蝸牛的對象。
使用苦瓜、山苦瓜、芥菜、茼蒿作為實驗材料	此類作物為是大眾普遍較不喜愛的蔬果，因此我們想測試蝸牛是否也與我們相同，會迴避此類作物。
使用薑作為實驗材料	在網路資訊中，我們發現蝸牛較不喜愛此類具刺激的蔬果，因此想實驗薑是否能使蝸牛迴避。
使用到手香作為實驗材料	選到手香作為實驗材料是基於我們日常中的觀察，我們發現蝸牛多會迴避常見的景觀植物「到手香」，因此我們想測試在實驗中是否也具相同功效。

二、實驗架構

我們先藉由文獻探討和搜尋網路資料還有日常生活中的觀察，尋找出蝸牛可能迴避的作物，並藉由我們改良的九宮格實驗來實驗上述作物是否具有使蝸牛迴避的能力。我們的實驗材料原先使用身上無病原體相對較安全的白玉蝸牛，在參加市賽後獲獎後，我們依據評審教授的意見加入農田中常見的野生種非洲大蝸牛，用以互相比對。根據九宮格實驗的結果，我們分為迴避作物及吸引作物兩大部分。檢視蝸牛的迴避作物，我們藉由文獻得知芸香科柑橘屬的水果果皮中含有會使蝸牛迴避的多酚，因此我們也延伸出多酚含量檢測，以及將到手香、果皮實際運用於農田中的實驗。



三、九宮格實驗

(一)實驗器材:

使用六個18x18x6公分的九宮格模型【圖一】、土、飼料、作物、白玉蝸牛、非洲大蝸牛(市賽後新增)。

(二)實驗設計:

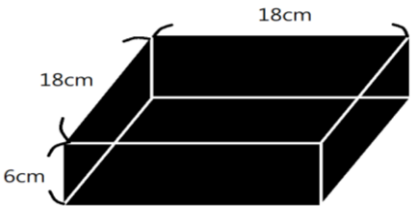
欲運用九宮格作為定位標準，紀錄蝸牛在放有飼料或材料的格子中停留秒數，判斷蝸牛對該材料好惡的標準。

(三)實驗操作:

步驟1.將作物剪碎置於編號1、9，飼料置於編號3、7，蝸牛置5面朝9【圖二】。

步驟2.架設手機錄製20分鐘並記錄移動路徑、於材料或飼料的停留秒數後，再從模型中拿出使其自由活動20分鐘，並更換模型內的土及使用75%酒精擦拭模型後，接續進行下一材料的實驗。

步驟3.將路徑手繪及數據統計。

圖示		<table border="1" data-bbox="1013 174 1273 448"> <tr> <td>材料</td> <td></td> <td>飼料</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>7 飼料</td> <td>8</td> <td>9 材料</td> </tr> </table>	材料		飼料	1	2	3	4	5	6	7 飼料	8	9 材料
材料		飼料												
1	2	3												
4	5	6												
7 飼料	8	9 材料												
說明	<p>【圖一】 曠野實驗 (Open field test, OFT)也是以九宮格作為區域判斷的依據，可以更準確的判斷蝸牛位置，我們更將九宮格加以編號，有更明確的區別，也利於日後繪製路徑圖。且考慮到蝸牛多生活於黑暗的環境，則選用黑色(或深色)PP板。</p>	<p>【圖二】 將材料與飼料置於兩對角處，且蝸牛置五面朝九，使蝸牛到材料與兩飼料的距離相等，也不會直接往飼料方向前進，而達不到準確的測試效果。</p>												

四、多酚含量檢測(原為多酚相對含量檢測)

(一) 實驗器材:

芸香科柑橘屬果皮、氣炸鍋、酒精、蒸餾水、磷鉬酸、沒食子酸(市賽後新增)、碳酸鈉、電磁加熱攪拌器、分光光度計。

(二) 實驗設計:

經過統計我們發現蝸牛對於芸香科柑橘屬果皮迴避顯著程度有所差異，我們推測迴避作物含有某成分以達到造成蝸牛迴避的原因。經查閱文獻後證實該成分應為多酚Biochemical Systematics and Ecology (Volume 14, Issue 1, Pages 113~ 121)而導致蝸牛迴避，於是我們想檢測不同迴避材料間多酚含量的關係。

(三) 實驗操作:

步驟1.果皮質量5公克，加入20毫升的酒精中加熱10分鐘使其達到沸點78°C，此時顏色不再改變。

步驟2.配置0.03%磷鉬酸水溶液、5%碳酸鈉水溶液、0.01%沒食子酸水溶液。

步驟3.實驗分為兩組，第一組將酒精濾出並取其0.2毫升並加入10毫升蒸餾水稀釋，再倒入3毫升磷鉬酸水溶液及碳酸鈉水溶液；第二組取沒食子酸0.2毫升並加入10毫升蒸餾水稀釋，再倒入3毫升磷鉬酸水溶液及碳酸鈉水溶液，並做為比較之基準。

步驟4.放置10分鐘後觀察其顏色變化，若果皮中含有多酚應為藍色，多酚含量越多顏色越深。

步驟5.使用分光光度計分析特定波長之吸光值並可得知果皮中多酚含量。

五、到手香及果皮噴灑於小白菜迴避情形實測(市賽後新增)

(一)實驗器材:

六個18x18x6公分的九宮格模型【圖一】、土、飼料、小白菜、到手香及檸檬皮。

(二)實驗設計:

透過統計我們得知小白菜為吸引蝸牛靠近的作物，而到手香及檸檬皮為使蝸牛迴避的作物。為實測是否可達到生物防治，我們將到手香/檸檬皮製成溶液並噴灑在小白菜上，觀察蝸牛是否會食用經過噴灑的小白菜。

(三)實驗操作:

步驟1.將到手香/果皮剪碎加入水製成溶液。

步驟2.將噴灑過此溶液的小白菜置於編號1、9，而編號3、7則不放置物品，蝸牛置5面朝9【圖二】。

步驟3.分為白玉蝸牛及非洲大蝸牛兩組，先架設手機錄製20分鐘並記錄移動路徑、於材料或飼料的停留秒數後，再從模型中拿出使其自由活動20分鐘，並更換模型內的土再使用75%酒精擦拭模型後，接續進行下組實驗。

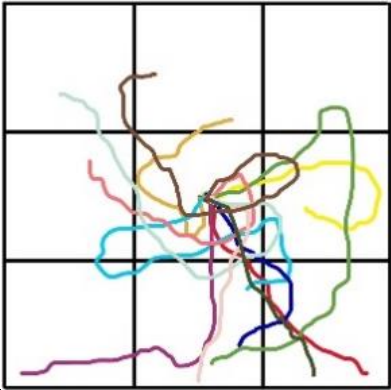
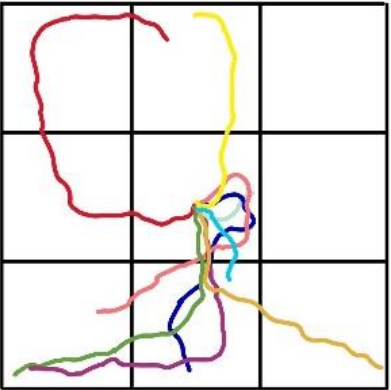
步驟4.將路徑手繪及數據統計。

伍、研究過程

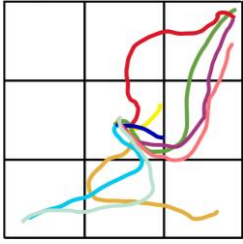
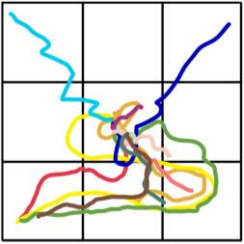
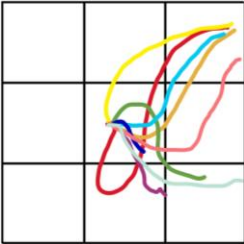
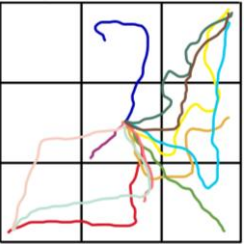
一、九宮格實驗

(一)路徑圖

1.negative control

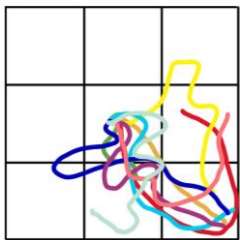
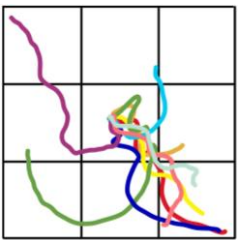
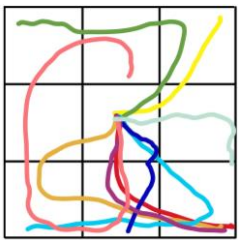
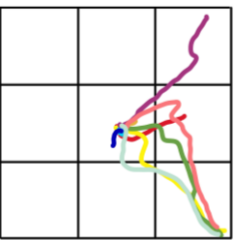
圖示		
圖示	<p>● 白1 ● 白2 ● 白3 ● 白4 ● 白5 ● 白6</p> <p>● 白7 ● 白8 ● 白9 ● 白10 ● 白11 ● 白12</p>	<p>● 非1 ● 非2 ● 非3 ● 非4 ● 非5 ● 非6</p> <p>● 非7 ● 非8 ● 非9</p>
目的	確保蝸牛的移動路徑只受材料影響	

2.非洲大蝸牛與白玉蝸牛

	非洲大蝸牛		白玉蝸牛	
編號	<p>● 非1 ● 非2 ● 非3 ● 非4 ● 非5 ● 非6</p> <p>● 非7 ● 非8 ● 非9</p>		<p>● 白1 ● 白2 ● 白3 ● 白4 ● 白5 ● 白6</p> <p>● 白7 ● 白8 ● 白9 ● 白10 ● 白11 ● 白12</p>	
材料名	非洲大蝸牛	白玉蝸牛	非洲大蝸牛	白玉蝸牛
	檸檬皮		到手香	
圖示				
說明	多往編號3、7(飼料)停留		多往編號3、7(飼料)停留	

材料名	小白菜		大番茄	
圖示				
說明	多往編號1、9(小白菜)停留		多往編號1、9(大番茄)停留	
材料名	胡蘿蔔		咖啡渣	
圖示				
說明	多往編號1、9(胡蘿蔔)停留		多往編號3、7(飼料)停留或不移動	
材料名	柳丁皮		山苦瓜	
圖示				
說明	多往編號3、7(飼料)停留		非洲大蝸牛多往編號1、9(山苦瓜)停留，白玉蝸牛多不移動	

3.到手香及檸檬皮噴灑於小白菜迴避情形實測

	白玉蝸牛		非洲大蝸牛	
材料	到手香	檸檬皮	到手香	檸檬皮
圖示				
說明	部分蝸牛雖前往9但未啃食小白菜	只有部分蝸牛前往1、9並食用經噴灑的小白菜	蝸牛往九宮格的四周移動，並沒有明顯的往小白菜並啃食	前往9啃食小白菜的蝸牛有減少

(三)環境壓力

1.溫度:蝸牛覓食溫度為20度至28度。選擇冷氣房內定溫27攝氏度進行實驗。

日期	2022/12/26	2023/1/3	2023/1/30	2023/1/31	2023/2/1
溫度(攝氏)	20度	21度	20度	21度	24度
日期	2023/2/2	2023/2/3	2023/2/6	2023/2/7	2023/2/8
溫度(攝氏)	24度	23度	25度	25度	24度
日期	2023/2/9	2023/2/13	2023/2/14	2023/2/15	2023/2/17
溫度(攝氏)	26度	26度	21度	21度	20度
日期	2023/5/22	2023/5/23	2023/5/24	2023/5/25	2023/5/26
溫度(攝氏)	27度	27度	27度	27度	27度





2.光線:固定在12W的燈光下進行實驗。

二、多酚含量檢測

在此項檢測之前，原本選用的材料有芸香科柑橘屬的果皮以及差異明顯的唇形科到手香及迷迭香，但唇形科作物因萃取不易造成結果不顯著，所以這次不選用。

在使用分光光度計之前可利用目視法判斷含量多寡，若含有多酚應呈現藍色且含量越多且顏色越深。

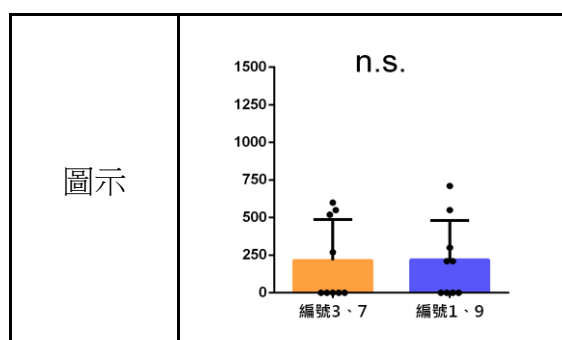
吸收度A	第一次	第二次	第三次
沒食子酸	0.542	0.542	0.542
橘子	0.231	0.232	0.231
柳丁	0.645	0.644	0.644
檸檬	0.813	0.813	0.813

材料	沒食子酸	橘子	柳丁	檸檬
圖示				

陸、研究結果

一、九宮格實驗

(一) Negative control

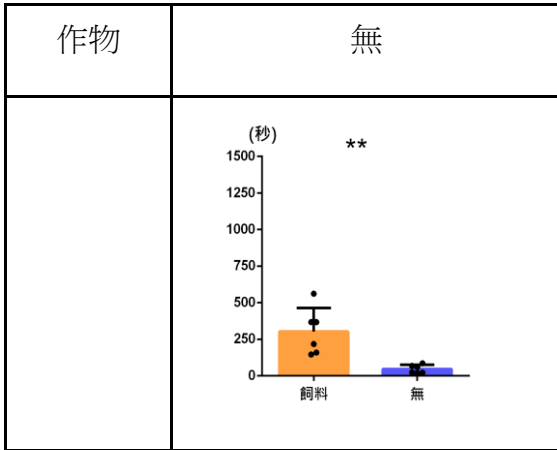


在完全無放置任何東西的情況下，結果為不顯著。上述結果證明蝸牛去哪個角落的主要影響因素所放置材料之差異。

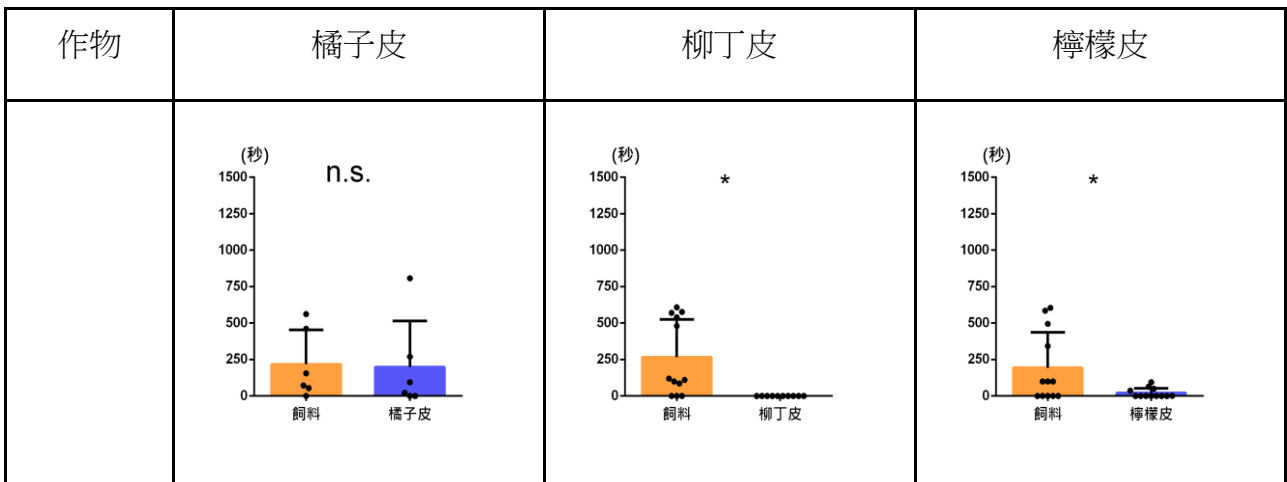
(二)白玉蝸牛

運用六隻白玉蝸牛在編號1、9材料處及編號3、7飼料處分別停留的時長相加進行數據統計，依照停留時間多寡，判斷該作物是否具有使蝸牛迴避的能力。

對照組：飼料為平常飼養蝸牛時所提供的食物，可作為比較之基準。

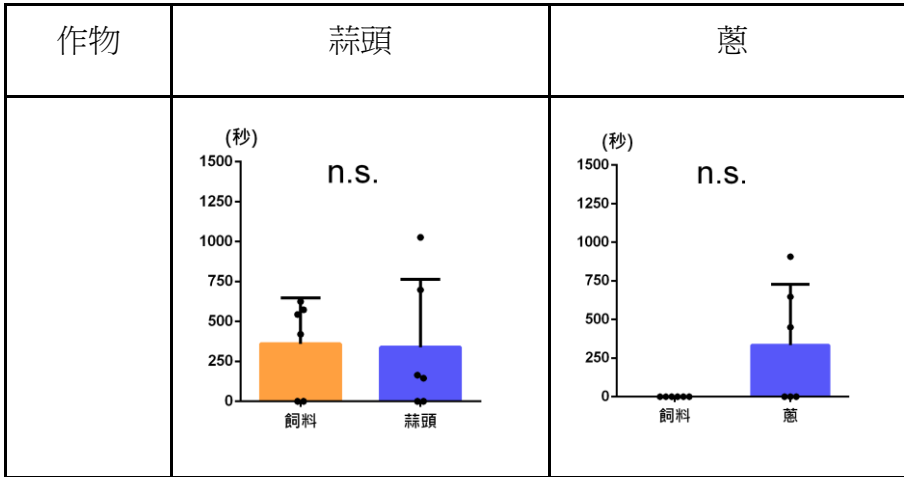


1.芸香科：



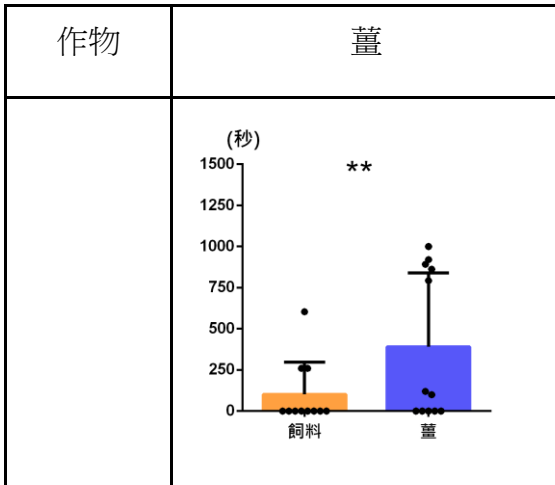
橘子皮的迴避情況不同於其他兩者，為結果不顯著；柳丁皮與檸檬皮則可能成為能有效防止蝸牛啃食的作物。為尋求造成此差異的原因，在查閱文獻Biochemical Systematics and Ecology (Volume 14, Issue 1, Pages 113~ 121)後發現蝸牛不喜歡多酚，於是便進一步開始了多酚含量檢測。

2.蔥科：



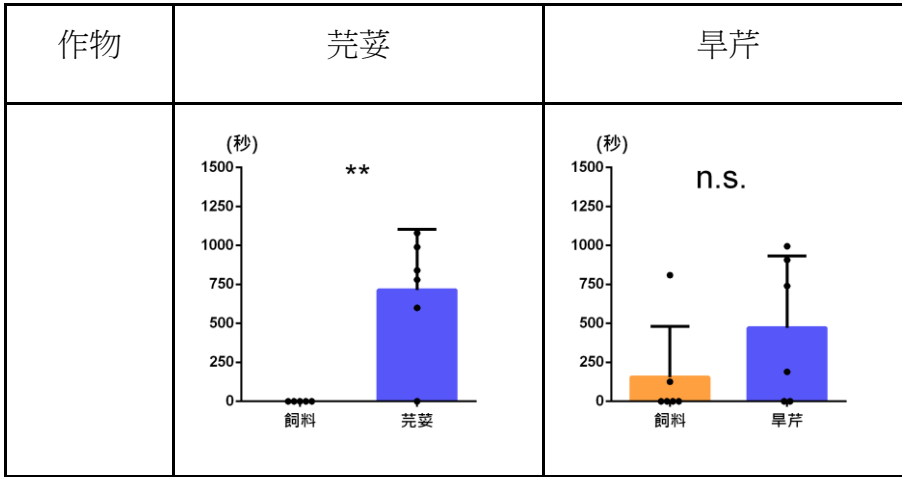
(健康跟著走)【蝸牛吃九層塔】蝸牛之研究中提到蒜頭與蔥具高度刺激性，為蝸牛不喜歡吃的作物，但經過實驗發現其實蝸牛並不會對其進行迴避，雖然統計結果為不顯著，但蝸牛仍會至蒜頭及蔥處停留。

3.薑科：



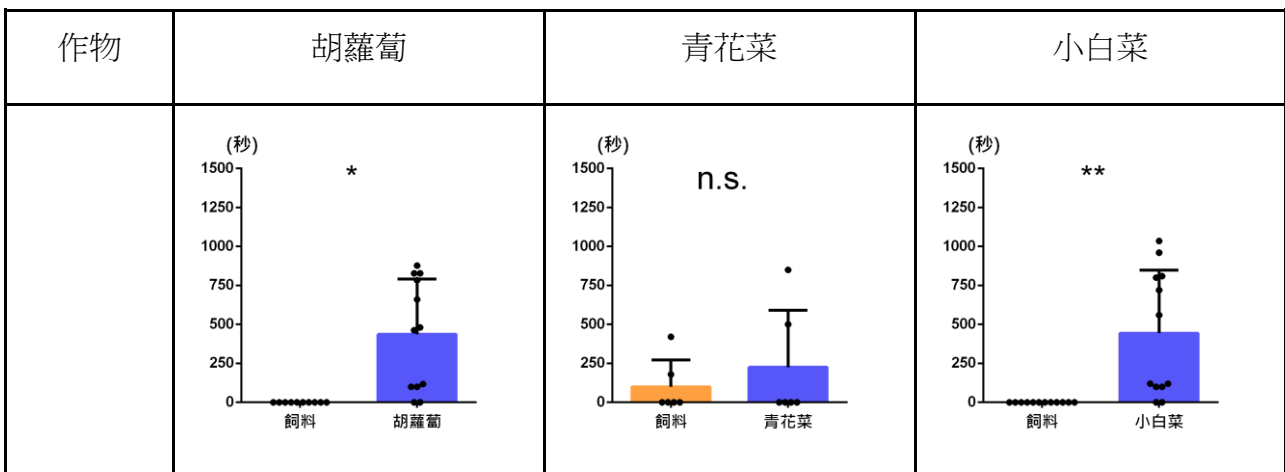
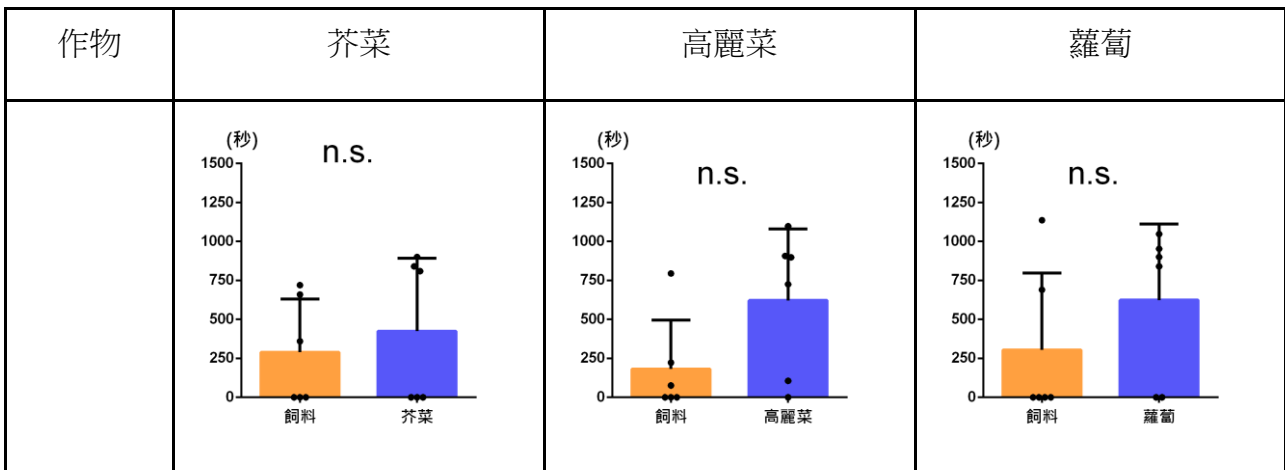
原以為薑具刺激性會是蝸牛討厭的作物，但經實驗發現其實蝸牛並不討厭薑反而在置薑處停留的時間高於飼料，為蝸牛喜歡的作物。

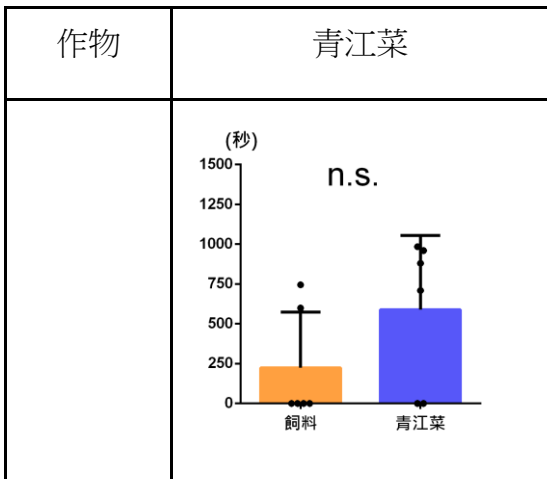
4.繖形科：



芫荽為蝸牛喜歡的作物且結果明顯；旱芹結果則不顯著。

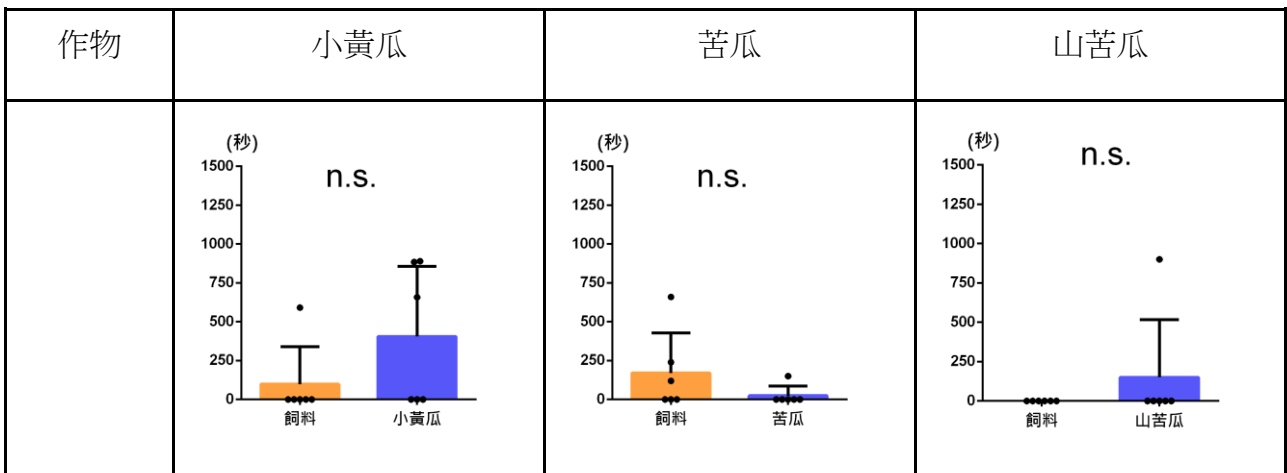
5.十字花科：





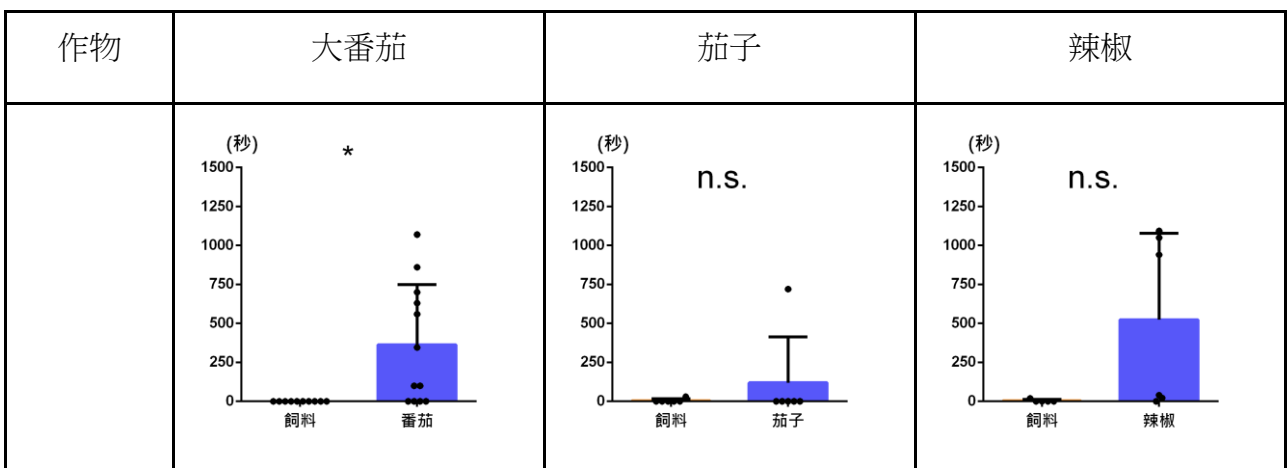
前人研究中多使用胡蘿蔔作為吸引蝸牛的作物，我們的實驗結果與此相符；而蝸牛十分喜歡小白菜，沒有到飼料處停留，如特有生物研究保育中心表示白玉蝸牛喜歡吃小白菜因此可用於飼養(特有生物研究保育中心，2001年1月31日)。

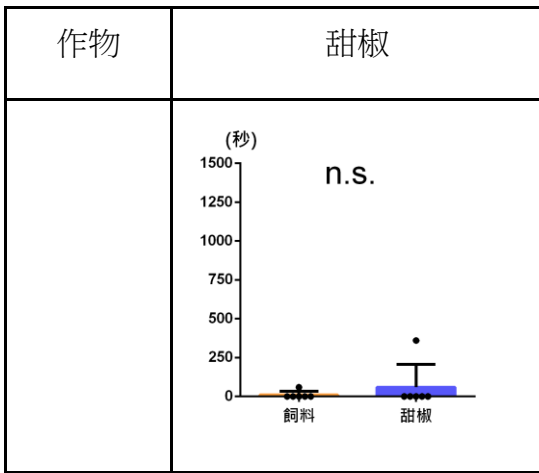
6.葫蘆科：



結果不顯著。

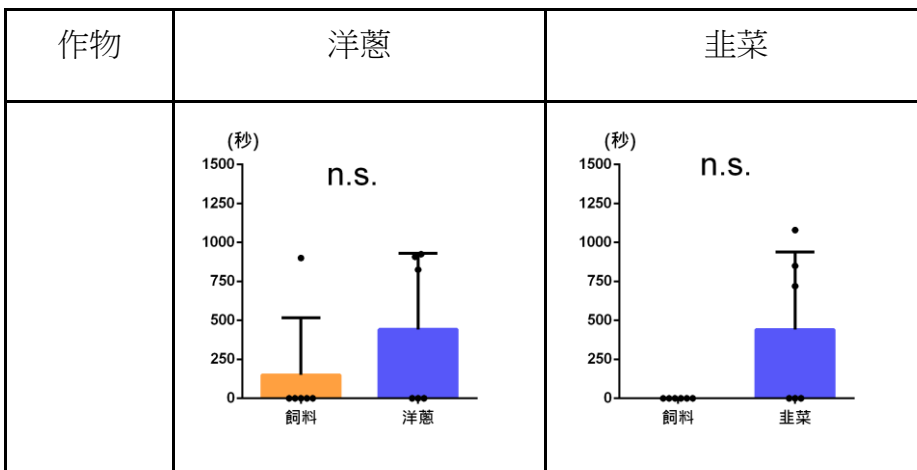
7.茄科：





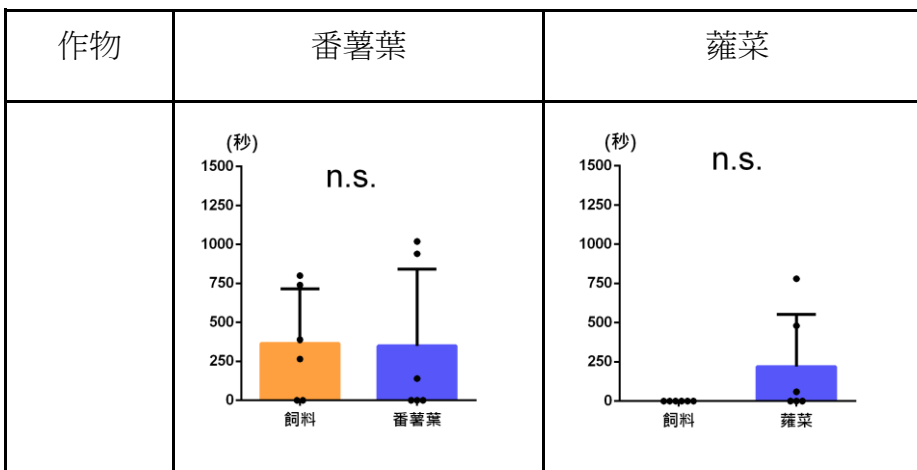
除大番茄呈顯著吸引蝸牛反應外，其餘結果皆為不顯著。

8.石蒜科：



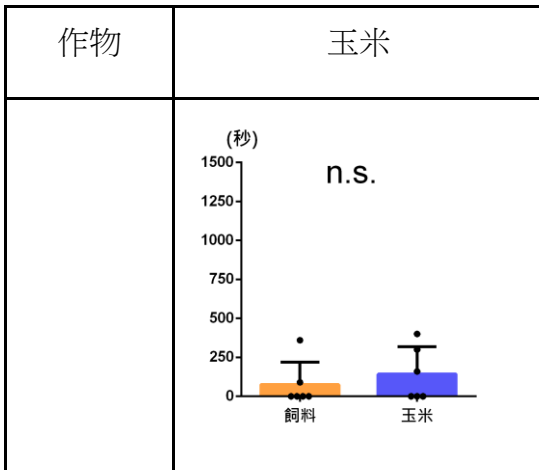
結果不顯著。

9.旋花科：



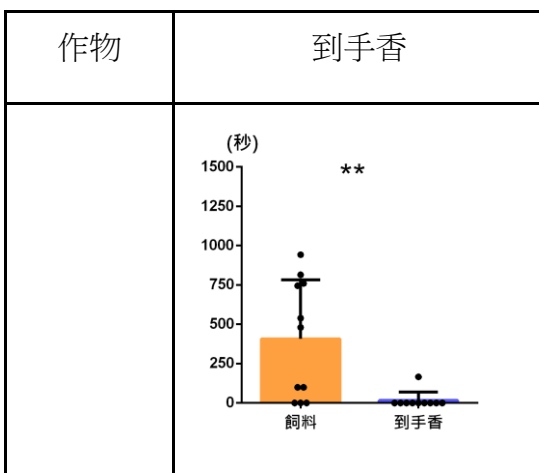
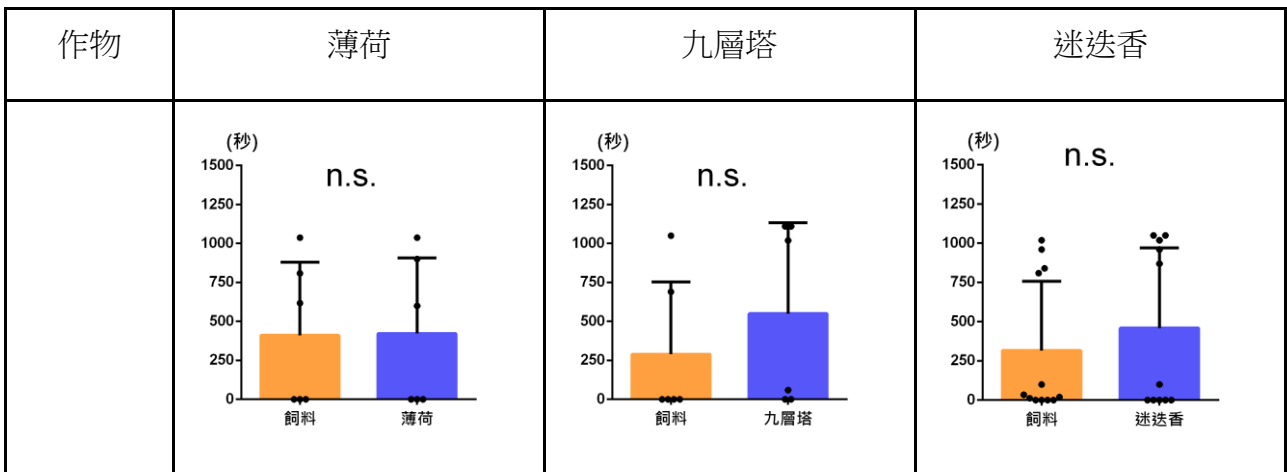
結果不顯著。

10.禾本科：



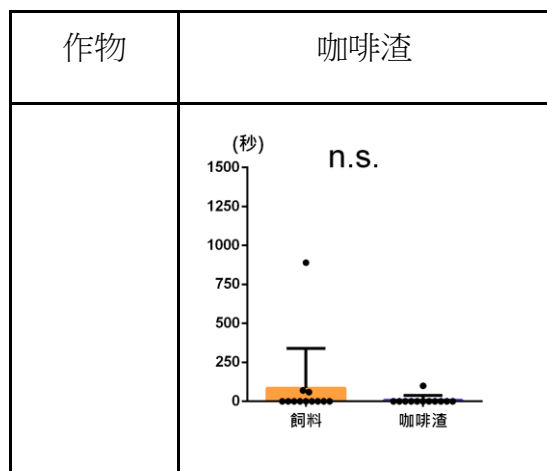
結果不顯著。

11.唇形科：



結果不顯著。

12.其他：



Caffeine is a repellent for slugs and snails. Nature. (Robert G. Hollingsworth & John W. Armstrong & Earl Campbell June 2002.) 中說明蝸牛會對含有咖啡因的作物進行迴避，和我們的實驗相符，無蝸牛在置咖啡渣處停留，但因有蝸牛無移動使結果不存在顯著差異。

(三)白玉蝸牛與非洲大蝸牛之比較

經市賽後，教授考慮到現今農田間破壞仍以野生型非洲大蝸牛為主，所以提出比較白玉蝸牛與非洲大蝸牛的建議，我們接受建議並進行了此新增實驗。

	白玉蝸牛	非洲大蝸牛	白玉蝸牛	非洲大蝸牛
材料名	檸檬皮		到手香	
圖示				
說明	檸檬為兩種蝸牛皆呈顯著迴避結果的作物，在選用的果皮中最具有迴避的作用，所以進行實驗三欲測試應用的能力。		到手香為兩種蝸牛皆呈顯著迴避結果的作物，且迴避反應為所有材料中最為顯著，具有發展成蝸牛驅趕劑的潛力，故進行實驗三。	

材料名	小白菜	大番茄
圖示	<p>(秒)</p> <p>n.s.</p> <p>1500 1250 1000 750 500 250 0</p> <p>白玉蝸牛 非洲大蝸牛</p>	<p>(秒)</p> <p>n.s.</p> <p>1500 1250 1000 750 500 250 0</p> <p>白玉蝸牛 非洲大蝸牛</p>
說明	<p>小白菜為材料中呈最顯著吸引蝸牛靠近的作物，與農田的實際情況相同，為防止蝸牛啃食對農家造成損失，故欲以實驗三找到解決之道。</p>	<p>大番茄為兩種蝸牛皆呈顯著吸引結果的作物，具有吸引的作用。</p>
材料名	胡蘿蔔	咖啡渣
圖示	<p>(秒)</p> <p>n.s.</p> <p>1500 1250 1000 750 500 250 0</p> <p>白玉蝸牛 非洲大蝸牛</p>	<p>(秒)</p> <p>n.s.</p> <p>1500 1250 1000 750 500 250 0</p> <p>白玉蝸牛 非洲大蝸牛</p>
說明	<p>胡蘿蔔為兩種蝸牛皆呈顯著吸引結果的作物，具有吸引的作用。</p>	<p>若分為兩種蝸牛實驗時，因統計方式造成結果不顯著，但藉由比較的數據我們仍可看出白玉蝸牛與非洲大蝸牛的情況吻合。</p>



材料名	柳丁皮	山苦瓜
圖示	<p>(秒)</p> <p>1500 1250 1000 750 500 250 0</p> <p>白玉蝸牛 非洲大蝸牛</p>	<p>(秒)</p> <p>1500 1250 1000 750 500 250 0</p> <p>白玉蝸牛 非洲大蝸牛</p>
說明	柳丁為兩種蝸牛皆呈顯著迴避結果的作物，但相較之下白玉蝸牛更為顯著。	山苦瓜在白玉蝸牛的實驗中為結果不顯著的作物，但在非洲大蝸牛的實驗中卻為結果顯著的吸引作物。

二、多酚含量檢測

以分光光度計檢測出的吸收度比值來代表多酚含量相對數值，透過數據比較發現：蝸牛對於上述作物的迴避反應與多酚含量多寡具有關聯性，結果與我們的預期相同。迴避情形以數值最大的檸檬皮最為明顯，其次是柳丁皮，最後的橘子皮則較無明顯迴避情形。

濃度比	第一次	第二次	第三次	平均
沒食子酸	1	1	1	1
橘子	0.4262	0.428	0.4262	0.4268
柳丁	1.19	1.1882	0.1882	1.1888
檸檬	1.5	1.5	1.5	1.5

三、到手香及果皮噴灑於小白菜迴避情形實測

	到手香	檸檬皮
圖示		
說明	以1：2比例的到手香水進行測試： 白玉蝸牛吃小白菜的機率下降56%； 非洲大蝸牛下降56%。 (紅圈為未靠近/靠近但未啃食)	以1：2比例的檸檬皮水進行測試： 白玉蝸牛吃小白菜的機率下降44%； 非洲大蝸牛下降56%。 (紅圈為未靠近/靠近但未啃食)

柒、討論與結論

一、討論

	文獻/網路資訊	我們的實驗
到手香	無	蝸牛會迴避到手香。藉由此次實驗我們證實到手香為蝸牛的迴避作物。到手香是常見的住宅景觀植物，取得容易，大大增加了可實用性。

檸檬皮、柳丁皮	Food plant preferences by slugs and snails: A simple method to evaluate the relative palatability of the food plants	蝸牛會迴避此類作物，與文獻符合：蝸牛會對多酚進行迴避。此類材料也是平常農家的常見的堆肥材料，取得相對容易。透過我們的實驗，發現了實惠的防蝸牛作物，可實際用於保護農作物。而後續我們也進行多酚的檢測實驗，進一步探討其原因。
小白菜	小白菜因此可用於飼養白玉蝸牛 (特有生物研究保育中心，2001年1月31日)	在九宮格實驗中，大多數蝸牛都選擇了小白菜，結果十分顯著。這結果與網路資訊提到的: 在蝸牛飼養時，可使用小白菜作為食物互相吻合，可以得知這是常受蝸牛啃食的作物，初步推測是因小白菜具有嫩葉。因為此結果，後續我們也選用了小白菜作為實測迴避作物可行性的材料。
胡蘿蔔	To eat or not to eat: a Garcia effect in pond snails (<i>Lymnaea stagnalis</i>) (Springer,30, May 2021 Veronica Rivi, 等七人)	蝸牛在飼料與胡蘿蔔中選擇後者，發現蝸牛十分喜歡胡蘿蔔，實驗結果和前人研究相同。若是在蝸牛攝食或活動等具相關性討論中，多採用胡蘿蔔作為吸引蝸牛的作物。藉此實驗我們得知，胡蘿蔔為日後，被保護的重點農作物。

大番茄	我種了蕃茄,可是當快成熟時,遇到蝸牛會來吃（農業知識入口網，2007年12月19日）	網路資訊提到成熟的番茄常受蝸牛啃食，這與我們的實驗結果相同。大番茄經常會受到蝸牛的啃食，是極需受保護的農作物。
山苦瓜	無	在白玉蝸牛的實驗中，只有部分蝸牛選擇了山苦瓜，但在非洲大蝸牛實驗中，大多數都蝸牛往山苦瓜的方向移動，兩種蝸牛的比較成顯著差異。研究結果會有此差異，我們初步推測是因野外蝸牛會啃食山苦瓜（禮哥的福助農場，2015年5月26日）而白玉蝸牛則可能因人工飼育而造成較不喜愛山苦瓜。
咖啡渣	為了測試咖啡因溶液是否可使蝸牛迴避，用2%的咖啡因溶液徹底潤濕土壤。3.5小時後，土壤中僅殘留25%的蛞蝓;48小時後，所有蝸牛都離開了土壤，並有92%死亡。Caffeine is a repellent for slugs and snails.nature. (Robert G. Hollingsworth & John W. Armstrong & Earl Campbell June 2002.)	蝸牛完全沒有靠近咖啡渣，往飼料移動或不動，與文獻相符合。因此得知咖啡因確實可以使蝸牛迴避，但因統計方式而造成結果不顯著。

二、結論

(一)九宮格實驗

1.白玉蝸牛

(1)白玉蝸牛會對柳丁皮、檸檬皮及到手香產生明顯迴避情況，其中到手香最佳。

(2)咖啡渣實驗也得知大多數蝸牛都會迴避，若以使蝸牛避開為目的咖啡渣具有可行性，但因統計方式而無顯著結果，所以並未進行更深入的研究。

2.與非洲大蝸牛的比較（市賽後新增）

(1)非洲大蝸牛與白玉蝸牛結果相同的作物：

1-1迴避反應:到手香及檸檬皮

1-2吸引反應:小白菜、大番茄與胡蘿蔔

(2)咖啡渣，因統計方式結果皆為不顯著，但在兩種蝸牛中，皆無個體前往放咖啡渣處，互相吻合。

(3)在此次實驗中我們發現，非洲大蝸牛與其白化亞種—白玉蝸牛，對於大多數的作物具有相同的食性。因此，在往後若要研究非洲大蝸牛的食性，可選用相對較安全的白玉蝸牛作為實驗對象。

(二)多酚含量檢測

多酚含量越多越能使蝸牛迴避。

(三)到手香及檸檬皮噴灑於小白菜迴避情形實測

根據結果可以得知兩者皆能使小白菜被食用次數降低約50%，其中效果又以到手香較為出色，具有發展潛力。

捌、未來展望

一、本次實驗只是以模型模擬蝸牛迴避作物的情形，並未加入其他農田中需考量的因素，如：氣候環境與其他物種等等。日後在實際運用上仍需進行改良，使之更符合現實環境，但藉由我們的實驗先篩選出可行的作物，有利日後施行。

二、到手香與檸檬皮可有效使蝸牛迴避，未來應思考如何將其改良得更具田間應用性。

玖、參考資料

- 一、Open Field (Hall & Ballachey 1932)
- 二、蝸牛的幾則趣味習性與爬行速度 (李玉萍等六人，民國68年)
- 三、如何防治蝸牛、蛞蝓、螺類等有害生物 (農業知識入口網，2016年1月20日)
- 四、忌避作物 (有機農業全球資訊網，2018年12月18日)
- 五、【蝸牛吃九層塔】蝸牛之研究 (健康跟著走)
- 六、Caffeine is a repellent for slugs and snails.nature. (Robert G. Hollingsworth & John W. Armstrong & Earl Campbell June 2002.)
- 七、Biochemical Systematics and Ecology (ScienceDirect Volume 14, Issue 1,Pages 113~ 121,1986)
- 八、就算熬夜撿蝸牛 也要守護土地上的小生命 (公民寫手，2022年12月13日)
- 九、小白菜因此可用於飼養白玉蝸牛 (特有生物研究保育中心，2001年1月31日)
- 十、Food plant preferences by slugs and snails: A simple method to evaluate the relative palatability of the food plants(Elsevier Volume 14, Issue 1,Pages 113~ 121,1986)
- 十一、如何養蝸牛 (snailprincekin，2008)
- 十二、To eat or not to eat: a Garcia effect in pond snails (*Lymnaea stagnalis*，Springer 30 May 2021 Veronica Rivi, 等七人)
- 十三、【蟲害控制】8個實用控制花園裡的蛞蝓蝸牛的小方法 (嗡嗡樹2月16日)
- 十四、請問預防蝸牛會咬蕃茄的方法 (農業知識入口網，2007年12月19日)
- 十五、Susceptibility and Consumption Rates of *Monacha cartusiana* and *Helicella vestalis* Land Snails to Certain Plants
- 十六、Polyphenols in brown algae *Fucus vesiculosus* and *Ascophyllum nodosum*: Chemical defenses against the marine herbivorous snail, *Littorina littorea* (November 1981, Springer Link)
- 十七、Does the micro land snail, *Kaliella barrakporensis* (Mollusca: Gastropoda), exhibit plant preference and aggregation? A spatial scale analysis (Vol. 7 No. 1 (2021) /Himangshu Barman, Gautam Aditya)
- 十八、Menadione Sodium Bisulphite (MSB) enhances the resistance response of tomato, leading to repell mollusc pests (Wiley Online Library: 4 August 2015)
- 十九、殺千刀的非洲大蝸牛抓不勝抓 (禮哥的福助農場，2015年5月26日)

附錄

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>無</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>562</td><td>20</td></tr> <tr><td>2</td><td>146</td><td>60</td></tr> <tr><td>3</td><td>368</td><td>24</td></tr> <tr><td>4</td><td>368</td><td>22</td></tr> <tr><td>5</td><td>160</td><td>86</td></tr> <tr><td>6</td><td>218</td><td>68</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	無		Y	Y	1	562	20	2	146	60	3	368	24	4	368	22	5	160	86	6	218	68	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>芥菜</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>360</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>810</td></tr> <tr><td>3</td><td>720</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>840</td></tr> <tr><td>5</td><td>660</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>900</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	芥菜		Y	Y	1	360	0	2	0	810	3	720	0	4	0	840	5	660	0	6	0	900	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>橘子皮</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>562</td><td>270</td></tr> <tr><td>2</td><td>156</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>462</td><td>94</td></tr> <tr><td>4</td><td>72</td><td>22</td></tr> <tr><td>5</td><td>54</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>808</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	橘子皮		Y	Y	1	562	270	2	156	0	3	462	94	4	72	22	5	54	0	6	0	808	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>高麗菜</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>223</td><td>106</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>907</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>1098</td></tr> <tr><td>4</td><td>76</td><td>725</td></tr> <tr><td>5</td><td>795</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>898</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	高麗菜		Y	Y	1	223	106	2	0	907	3	0	1098	4	76	725	5	795	0	6	0	898	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>蘿蔔</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1137</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>840</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>1048</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>953</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>900</td></tr> <tr><td>6</td><td>690</td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	蘿蔔		Y	Y	1	1137	0	2	0	840	3	0	1048	4	0	953	5	0	900	6	690	0	7		
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	無																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	562	20																																																																																																																																																								
2	146	60																																																																																																																																																								
3	368	24																																																																																																																																																								
4	368	22																																																																																																																																																								
5	160	86																																																																																																																																																								
6	218	68																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	芥菜																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	360	0																																																																																																																																																								
2	0	810																																																																																																																																																								
3	720	0																																																																																																																																																								
4	0	840																																																																																																																																																								
5	660	0																																																																																																																																																								
6	0	900																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	橘子皮																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	562	270																																																																																																																																																								
2	156	0																																																																																																																																																								
3	462	94																																																																																																																																																								
4	72	22																																																																																																																																																								
5	54	0																																																																																																																																																								
6	0	808																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	高麗菜																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	223	106																																																																																																																																																								
2	0	907																																																																																																																																																								
3	0	1098																																																																																																																																																								
4	76	725																																																																																																																																																								
5	795	0																																																																																																																																																								
6	0	898																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	蘿蔔																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	1137	0																																																																																																																																																								
2	0	840																																																																																																																																																								
3	0	1048																																																																																																																																																								
4	0	953																																																																																																																																																								
5	0	900																																																																																																																																																								
6	690	0																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>青花菜</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>420</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>500</td></tr> <tr><td>5</td><td>180</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>850</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	青花菜		Y	Y	1	0	0	2	0	0	3	420	0	4	0	500	5	180	0	6	0	850	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>青江菜</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>709</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>880</td></tr> <tr><td>3</td><td>600</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>960</td></tr> <tr><td>5</td><td>745</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>985</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	青江菜		Y	Y	1	0	709	2	0	880	3	600	0	4	0	960	5	745	0	6	0	985	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>番薯葉</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>390</td><td>140</td></tr> <tr><td>2</td><td>740</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>800</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>1020</td></tr> <tr><td>5</td><td>265</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>940</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	番薯葉		Y	Y	1	390	140	2	740	0	3	800	0	4	0	1020	5	265	0	6	0	940	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>蕪菜</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>780</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>60</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>480</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	蕪菜		Y	Y	1	0	780	2	0	0	3	0	0	4	0	60	5	0	0	6	0	480	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>小黃瓜</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>658</td></tr> <tr><td>3</td><td>591</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>885</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>890</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	小黃瓜		Y	Y	1	0	0	2	0	658	3	591	0	4	0	885	5	0	0	6	0	890	7		
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	青花菜																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	0																																																																																																																																																								
2	0	0																																																																																																																																																								
3	420	0																																																																																																																																																								
4	0	500																																																																																																																																																								
5	180	0																																																																																																																																																								
6	0	850																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	青江菜																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	709																																																																																																																																																								
2	0	880																																																																																																																																																								
3	600	0																																																																																																																																																								
4	0	960																																																																																																																																																								
5	745	0																																																																																																																																																								
6	0	985																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	番薯葉																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	390	140																																																																																																																																																								
2	740	0																																																																																																																																																								
3	800	0																																																																																																																																																								
4	0	1020																																																																																																																																																								
5	265	0																																																																																																																																																								
6	0	940																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	蕪菜																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	780																																																																																																																																																								
2	0	0																																																																																																																																																								
3	0	0																																																																																																																																																								
4	0	60																																																																																																																																																								
5	0	0																																																																																																																																																								
6	0	480																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	小黃瓜																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	0																																																																																																																																																								
2	0	658																																																																																																																																																								
3	591	0																																																																																																																																																								
4	0	885																																																																																																																																																								
5	0	0																																																																																																																																																								
6	0	890																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>茼蒿</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>610</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>970</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>740</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>500</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>960</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	茼蒿		Y	Y	1	610	0	2	0	970	3	0	0	4	740	0	5	0	500	6	0	960	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>苦瓜</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>660</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>240</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>120</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>150</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	苦瓜		Y	Y	1	0	0	2	0	0	3	660	0	4	240	0	5	120	0	6	0	150	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>山苦瓜</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>900</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	山苦瓜		Y	Y	1	0	0	2	0	900	3	0	0	4	0	0	5	0	0	6	0	0	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>洋蔥</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>925</td></tr> <tr><td>3</td><td>900</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>825</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>908</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	洋蔥		Y	Y	1	0	0	2	0	925	3	900	0	4	0	825	5	0	0	6	0	908	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>韭菜</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>720</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>1080</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>850</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	韭菜		Y	Y	1	0	720	2	0	1080	3	0	850	4	0	0	5	0	0	6	0	0	7		
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	茼蒿																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	610	0																																																																																																																																																								
2	0	970																																																																																																																																																								
3	0	0																																																																																																																																																								
4	740	0																																																																																																																																																								
5	0	500																																																																																																																																																								
6	0	960																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	苦瓜																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	0																																																																																																																																																								
2	0	0																																																																																																																																																								
3	660	0																																																																																																																																																								
4	240	0																																																																																																																																																								
5	120	0																																																																																																																																																								
6	0	150																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	山苦瓜																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	0																																																																																																																																																								
2	0	900																																																																																																																																																								
3	0	0																																																																																																																																																								
4	0	0																																																																																																																																																								
5	0	0																																																																																																																																																								
6	0	0																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	洋蔥																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	0																																																																																																																																																								
2	0	925																																																																																																																																																								
3	900	0																																																																																																																																																								
4	0	825																																																																																																																																																								
5	0	0																																																																																																																																																								
6	0	908																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	韭菜																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	720																																																																																																																																																								
2	0	1080																																																																																																																																																								
3	0	850																																																																																																																																																								
4	0	0																																																																																																																																																								
5	0	0																																																																																																																																																								
6	0	0																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>玉米</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>160</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>400</td></tr> <tr><td>3</td><td>90</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>360</td><td>300</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	玉米		Y	Y	1	0	160	2	0	400	3	90	0	4	0	0	5	0	0	6	360	300	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>旱芹</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>907</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>995</td></tr> <tr><td>3</td><td>810</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>740</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>126</td><td>189</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	旱芹		Y	Y	1	0	907	2	0	995	3	810	0	4	0	740	5	0	0	6	126	189	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>蒜頭</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>698</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>1027</td></tr> <tr><td>3</td><td>544</td><td>145</td></tr> <tr><td>4</td><td>573</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>420</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>625</td><td>164</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	蒜頭		Y	Y	1	0	698	2	0	1027	3	544	145	4	573	0	5	420	0	6	625	164	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>蔥</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>450</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>647</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>907</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	蔥		Y	Y	1	0	0	2	0	450	3	0	0	4	0	647	5	0	0	6	0	907	7			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Group A</th> <th>Group B</th> </tr> <tr> <th></th> <th>飼料</th> <th>辣椒</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Y</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>940</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>1093</td></tr> <tr><td>3</td><td>174</td><td>22</td></tr> <tr><td>4</td><td>20</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>40</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>1050</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Group A	Group B		飼料	辣椒		Y	Y	1	0	940	2	0	1093	3	174	22	4	20	0	5	0	40	6	0	1050	7		
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	玉米																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	160																																																																																																																																																								
2	0	400																																																																																																																																																								
3	90	0																																																																																																																																																								
4	0	0																																																																																																																																																								
5	0	0																																																																																																																																																								
6	360	300																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	旱芹																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	907																																																																																																																																																								
2	0	995																																																																																																																																																								
3	810	0																																																																																																																																																								
4	0	740																																																																																																																																																								
5	0	0																																																																																																																																																								
6	126	189																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	蒜頭																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	698																																																																																																																																																								
2	0	1027																																																																																																																																																								
3	544	145																																																																																																																																																								
4	573	0																																																																																																																																																								
5	420	0																																																																																																																																																								
6	625	164																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	蔥																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	0																																																																																																																																																								
2	0	450																																																																																																																																																								
3	0	0																																																																																																																																																								
4	0	647																																																																																																																																																								
5	0	0																																																																																																																																																								
6	0	907																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										
	Group A	Group B																																																																																																																																																								
	飼料	辣椒																																																																																																																																																								
	Y	Y																																																																																																																																																								
1	0	940																																																																																																																																																								
2	0	1093																																																																																																																																																								
3	174	22																																																																																																																																																								
4	20	0																																																																																																																																																								
5	0	40																																																																																																																																																								
6	0	1050																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																										

Group A			Group B		
飼料			茄子		
Y			Y		
1	0	0			
2	0	720			
3	30	0			
4	0	0			
5	0	0			
6	0	0			
7					

Group A			Group B		
飼料			甜椒		
Y			Y		
1	0	0			
2	0	360			
3	0	0			
4	60	0			
5	0	0			
6	0	0			
7					

Group A			Group B		
飼料			芜荑		
Y			Y		
1	360*	0			
2	0	780			
3	0	840			
4	0	1080			
5	0	600			
6	0	990			
7					

Group A			Group B		
飼料			薄荷		
Y			Y		
1	809	0			
2	0	900			
3	1037	0			
4	618	0			
5	0	600			
6	0	1037			
7					

Group A			Group B		
飼料			九層塔		
Y			Y		
1	1050	0			
2	0	1110			
3	690	60			
4	0	1020			
5	0	0			
6	0	1110			
7					

Group A			Group B		
飼料			檸檬皮		
Y			Y		
1	264	0			
2	720	0			
3	100	0			
4	162	0*			
5	26	0			
6	790	26*			
7	910	0			
8	720	0			
9	780	0			

Group A			Group B		
飼料			柳丁皮		
Y			Y		
1	423	98			
2	640	0			
3	327	92			
4	100	0			
5	86	0			
6	100	0			
7	660	0			
8	120	0			
9	0	86			

Group A			Group B		
飼料			胡蘆蘆		
Y			Y		
1	0	610			
2	100*	770			
3	0	360			
4	0	100			
5	0	880			
6	100*	100			
7	0	720			
8	0	880			
9	0	100			

Group A			Group B		
飼料			小白菜		
Y			Y		
1	100	0*			
2	0	100			
3	0	900			
4	100*	0			
5	0	900			
6	0	324			
7	0	100			
8	0	1000			
9	0	1000			

Group A			Group B		
飼料			山苦瓜		
Y			Y		
1	0	1000			
2	0	930			
3	0	860			
4	0	0*			
5	0	740			
6	0	0*			
7	0	1040			
8	0	1080			
9	0	760			

Group A			Group B		
飼料			到手香		
Y			Y		
1	264	32			
2	840	0			
3	1237	0			
4	431	14			
5	367	0			
6	269	2			
7	100	0			
8	60	0			
9	100	0			

Group A			Group B		
飼料			咖啡渣		
Y			Y		
1	760*	0			
2	1000*	0			
3	180	0			
4	100	0			
5	0	0			
6	0	0			
7	0	0			
8	100	0			
9	0	0			

Group A			Group B		
飼料			檸檬皮		
Y			Y		
1	495	0			
2	0	36			
3	585	2			
4	342	94			
5	605	0			
6	0	64			
7	0	0			
8	100	0			
9	100	0			
10	0	0			
11	0	50			
12	100	0			
13					

Group A			Group B		
飼料			迷迭香		
Y			Y		
1	0	1050			
2	20	960			
3	0	1050			
4	0	870			
5	12	120*			
6	34	1020			
7	960	0			
8	810	0			
9	100	0			
10	0	100			
11	1020	0			
12	840	0			
13					

Group A			Group B		
飼料			柳丁皮		
Y			Y		
1	540	0			
2	570	30*			
3	576	0			
4	480	0			
5	608	0			
6	0	600*			
7	0	0			
8	100	0			
9	86	0			
10	120	0			
11	0	0			
12	110	0			
13					

Group A			Group B		
飼料			薑		
Y			Y		
1	0	920			
2	0	793			
3	0	892			
4	0	862			
5	604	120			
6	0	1001			
7	1000*	0			
8	260	0			
9	0	0			
10	260	0			
11	0	0			
12	0	100			

Group A			Group B		
飼料			胡蘆蘆		
Y			Y		
1	544*	118			
2	0	828			
3	0	828			
4	0	877			
5	0	463			
6	0	783			
7	0	480			
8	0	100			
9	0	660			
10	300*	0			
11	0	100			
12	0	0			
13					

Group A			Group B		
飼料			小白菜		
Y			Y		
1	0	560			
2	0	810			
3	0	800			
4	0	960			
5	0	0			
6	0	1035			
7	0	100			
8	0	720			
9	0	120			
10	0	0			
11	0	100			
12	0	120			
13					

Group A			Group B		
飼料			番茄		
Y			Y		
1	0	0			
2	0	345			
3	0	630			
4	0	700			
5	0	0			
6	0	1070			
7	0	560			
8	0	860			
9	0	100			
10	0	100			
11	100*	0			
12	100*	0			
13					

Group A			Group B		
飼料			到手香		
Y			Y		
1	815	0			
2	0	32*			
3	943	0			
4	0*	0*			
5	745	0			
6	780	166			
7	480	0			
8	100	0			
9	100	0			
10	0	0			
11	540	0			
12	0	0			
13					

Group A			Group B		
飼料			咖啡渣		
Y			Y		
1	0	0			
2	70	0			
3	0	0			
4	890	0			
5	0	0			
6	60	0			
7	0	0			
8	0	0			
9	0	0			
10	0	0			
11	0	100			
12	0	0			

Group A			Group B		
白玉蝸牛			非洲大蝸牛		
Y			Y		
1	0	0			
2	0	0			
3	0	0			
4	0	0			
5	0	0			
6	0	0			
7	0	0			
8	0	0			
9	0	0			
10	0	0			
11	100*				
12	0				

Group A			Group B		
白玉蝸牛			非洲大蝸牛		
Y			Y		
1	0	0			
2	36	0			
3	2	0			
4	94	0			
5	0	0			
6	64	26*			
7	0	0			
8	0	0			
9	0	0			
10	0	0			
11	50				
12	0				

Group A			Group B		
白玉蝸牛			非洲大蝸牛		
Y			Y		
1	0	92			
2	30*	0			
3	0	98			
4	0	0			
5	0	0			
6	600*	0			
7	0	0			
8	0	0			
9	0	86			
10	0	0			
11	0	0			
12	0	0			

Group A			Group B		
白玉蝸牛			非洲大蝸牛		
Y			Y		
1	1050	0			
2	960	0			
3	1050	0			
4	870	0			
5	120	0			
6	1020	0			
7	0	0			
8	0	0			
9	0	120			
10	100				
11	0				
12	0				

	Group A		Group B	
	白玉蜗牛	非洲大蜗牛		
	Y	Y		
1	118	610		
2	828	770		
3	828	360		
4	877	100		
5	463	880		
6	783	100		
7	480	720		
8	100	880		
9	660	100		
10	0			
11	100			
12	0			

	Group A		Group B	
	白玉蜗牛	非洲大蜗牛		
	Y	Y		
1	560	0		
2	810	100		
3	800	900		
4	960	0		
5	0	900		
6	1035	324		
7	100	100		
8	720	1000		
9	120	1000		
10	0			
11	100			
12	120			

	Group A		Group B	
	白玉蜗牛	非洲大蜗牛		
	Y	Y		
1	0	1000		
2	900	930		
3	0	860		
4	0	0*		
5	0	740		
6	0	0*		
7		1040		
8		1080		
9		760		
10				
11				
12				

	Group A		Group B	
	白玉蜗牛	非洲大蜗牛		
	Y	Y		
1	0	1000		
2	345	930		
3	630	860		
4	700	0		
5	0	740		
6	1070	0		
7	560	1040		
8	860	1080		
9	100	760		
10	100			
11	0			
12	0			

	Group A		Group B	
	白玉蜗牛	非洲大蜗牛		
	Y	Y		
1	0	32*		
2	32*	0		
3	0	0		
4	0	14*		
5	0	0		
6	166*	2		
7	0	0		
8	0	0		
9	0	0		
10	0			
11	0			
12	0			

【評語】 030309

優點：

本研究從日常生活觀察出發，針對蝸牛食性的避忌進行探討，分別從紙本文獻、網路資訊和生活經驗蒐集選擇各種不同類型的作物，符合科學探究精神值得讚賞。此研究目的明確，目的就是要減少蝸牛對農作物的損害，同時保護生態系並符合永續發展的目標。採用天然植物防治方法，以植物的相關特性來讓蝸牛迴避特定植物而不是直接殺害或使用化學藥劑，此種方法是對環境友好方式。

建議及檢討：

1. 此研究的實驗設計範圍受限，主要在實驗室內進行，以模擬蝸牛對作物的迴避行為，但是實際應用時可能會受到農田環境等因素的影響，後續需現場實驗和測試
2. 雖然設計目的為避免直接殺害蝸牛的方式，但使用到手香和檸檬皮是否對其他生物有影響，此部分尚需進一步評估。建議未來可再進一步針對到手香抑制蝸牛啃食的有效濃度進行更多的測試，以尋求解決蝸牛啃食所造成農害的新穎方式。

3. 實驗中有說明九宮格實驗中物品的放置方式，建議在描述過程時更加清晰地說明物品的放置和操作步驟，以確保讀者能夠準確理解實驗的進行。

作品海報

摘要

在不破壞環境及直接殺害蝸牛的前提下，我們採用以自然作物使蝸牛迴避的方式，利用**改良的九宮格實驗**實測蝸牛對於各種作物的反應後藉由T-test統計分析資料得知**白玉蝸牛與非洲大蝸牛的食性大致相同**，並以二種迴避作物**到手香**與**檸檬皮**與吸引作物**小白菜**進行實測，研究結果證實兩作物確實可**降低**小白菜受蝸牛啃食的機率，另外**多酚含量越多**越能對蝸牛產生**迴避**作用。

壹、研究動機

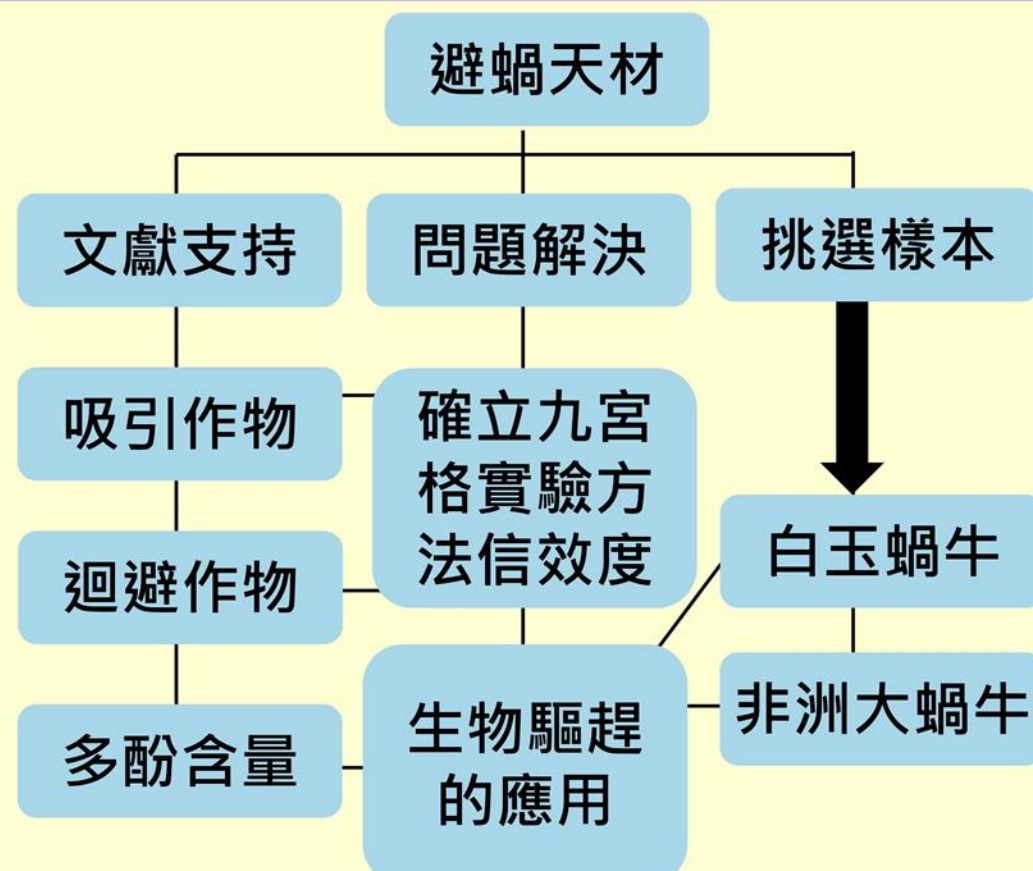
非洲大蝸牛**的白化亞種—白玉蝸牛**，在近年掀起食用白玉蝸牛的浪潮，未來可能有大量繁殖的隱憂；而在非洲大蝸牛的部分，全臺灣約有五百多種農作物慘遭迫害，且牠身上的病原體也可能危害著人體健康。

然而現有的蝸牛防治方法，大多數是使用化學藥劑，可能造成其他動物誤食而影響生態系穩定，而撒鹽或石灰等防治法也將改變土壤酸鹼值，間接不利永續農耕。為達到世界衛生組織發布的2030永續發展目標，於是我們希望以**自然作物影響蝸牛的喜惡選擇**，有效的使蝸牛迴避經濟農作物。

貳、研究目的

- 一、透過蝸牛在作物周圍的移動軌跡，來了解蝸牛對不同32種作物的反應行為。
- 二、重現文獻支持的吸引作物結果來確立本研究設計九宮格實驗方法的信效度。
- 三、由白玉蝸牛建立SOP並進一步探討其與非洲大蝸牛對特定作物的迴避行為。
- 四、探討芸香科柑橘屬的多酚含量與蝸牛迴避作物的關聯性。
- 五、探討「到手香」及「檸檬皮」作為蝸牛驅趕劑應用之效果。

參、實驗架構



肆、實驗流程

一、九宮格食物選擇實驗

將作物剪碎置於編號1、9，飼料置於編號3、7，蝸牛置5面朝9



架設手機錄製20分鐘並記錄移動路徑及對材料的迴避情況

材料			飼料
1	2	3	
4	5	6	
7	8	9	材料

讓蝸牛自由活動20分鐘，並更換模型內的土及使用酒精擦拭模型後接續實驗

將路徑手繪、計算白玉蝸牛在各編號的停留時間及數據進行統整與統計分析

二、多酚相對含量檢測

將實驗材料剪碎後取5公克加入20毫升酒精，加熱約至78度，此時酒精顏色不再變化



取其0.4毫升加入10毫升蒸餾水稀釋，及配置0.01%沒食子酸水溶液



加入3毫升0.03%磷鉬酸水溶液及3毫升5%碳酸鈉水溶液



放置10分鐘後觀察其顏色變化，使用分光光度計分析於特定波長下的吸光值

三、天然植物液噴灑方法應用於蝸牛防治

將噴灑過到手香/檸檬皮溶液的小白菜置於編號1、9，而編號3、7則不放置物品，蝸牛置5面朝9



架設手機錄製20分鐘再使其自由活動20分鐘，並更換模型內的土再使用酒精擦拭，接續進行實驗



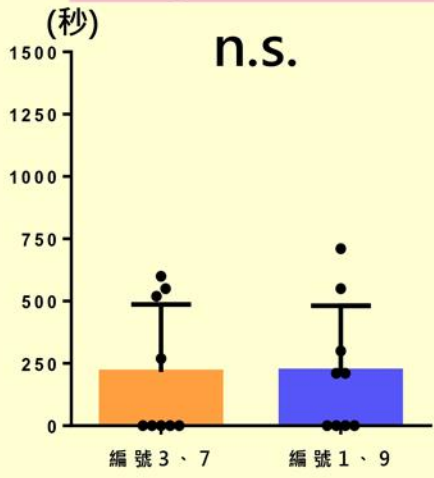
將路徑手繪、計算白玉蝸牛在各編號的停留時間及數據進行統整與統計分析

伍、實驗結果-評量方法的可信度

一、九宮格食物選擇實驗

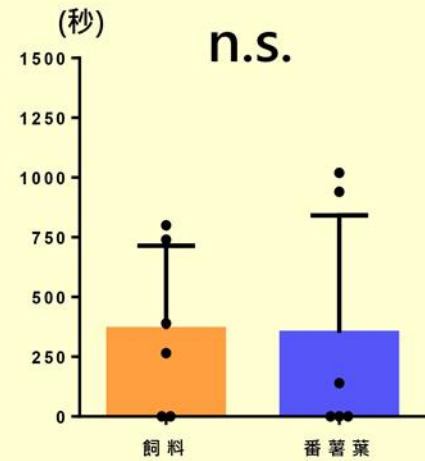
共選擇32種作物，有26種呈不顯著結果，其中包含番薯葉、咖啡渣。

Negative control

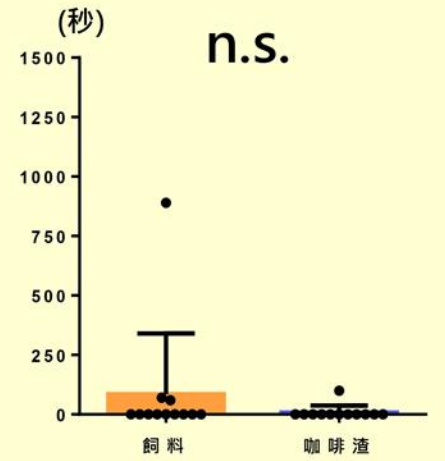


- 1.在沒有飼料和材料下進行。
- 2.目的：確保蝸牛的移動路徑只受材料影響。

【圖1】編號1、9(材料)及編號3、7(飼料)停留秒數

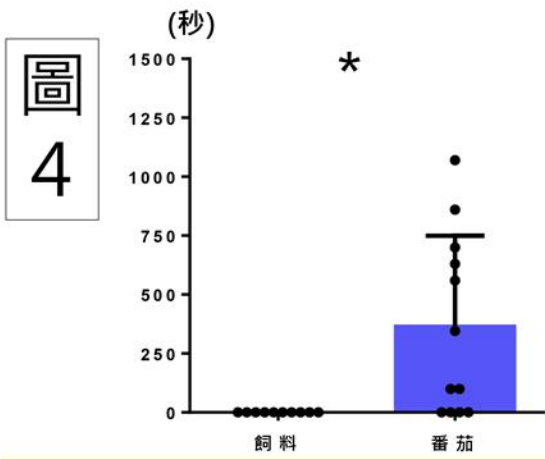


【圖2】以番薯葉為例停留秒數分析不具顯著差異



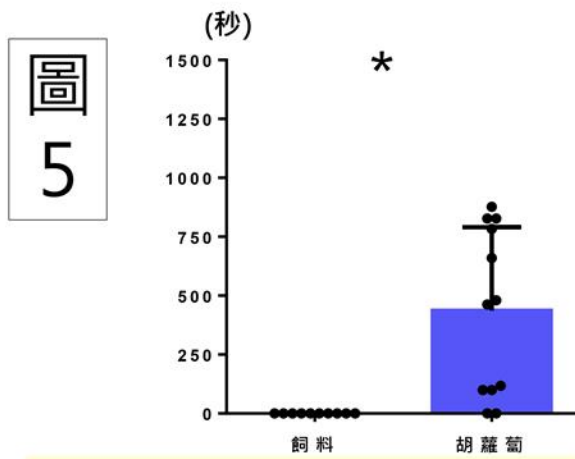
【圖3】以咖啡渣為例停留秒數分析不具顯著差異

大番茄



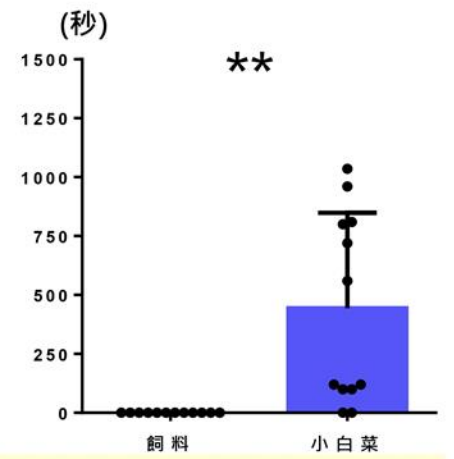
白玉蝸牛在大番茄處停留秒數分析

胡蘿蔔



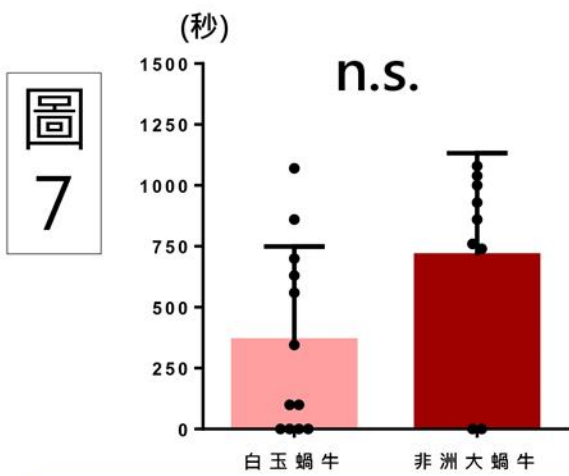
白玉蝸牛在胡蘿蔔處停留秒數分析

小白菜

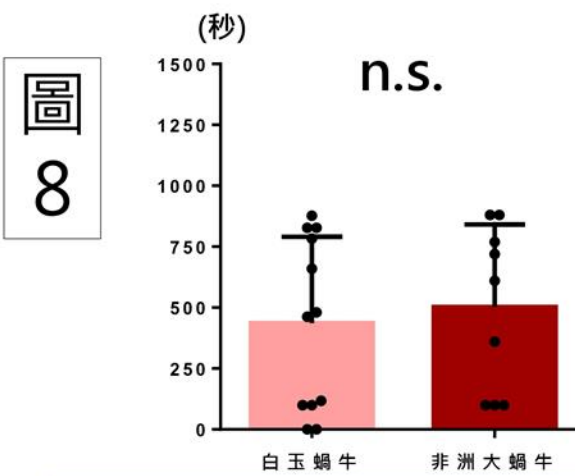


白玉蝸牛在小白菜處停留秒數分析

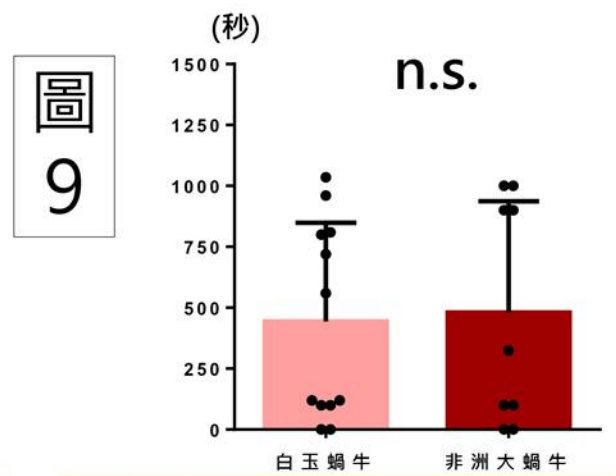
文獻支持的吸引作物



加入非洲大蝸牛分析後比較

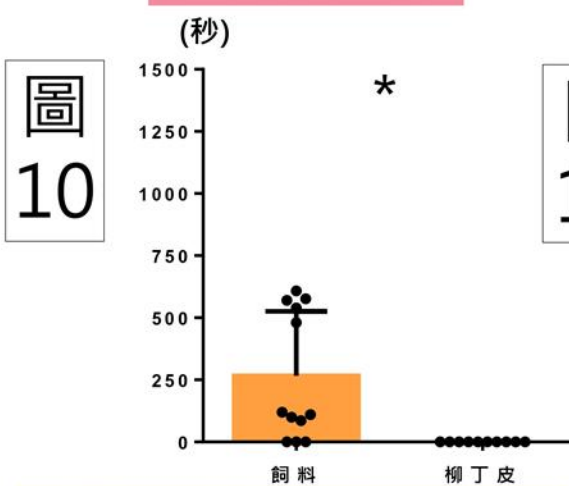


加入非洲大蝸牛分析後比較

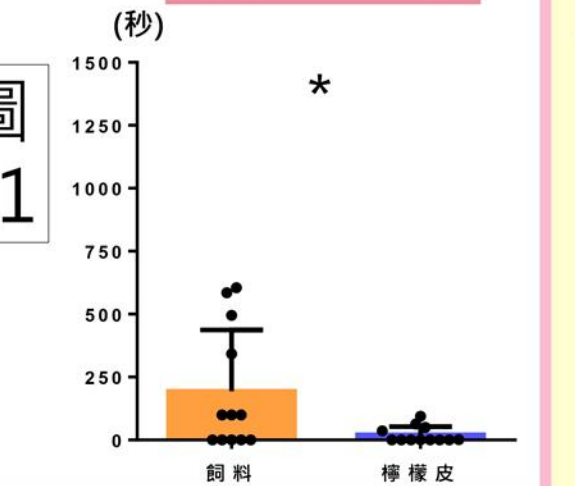


加入非洲大蝸牛分析後比較

柳丁皮



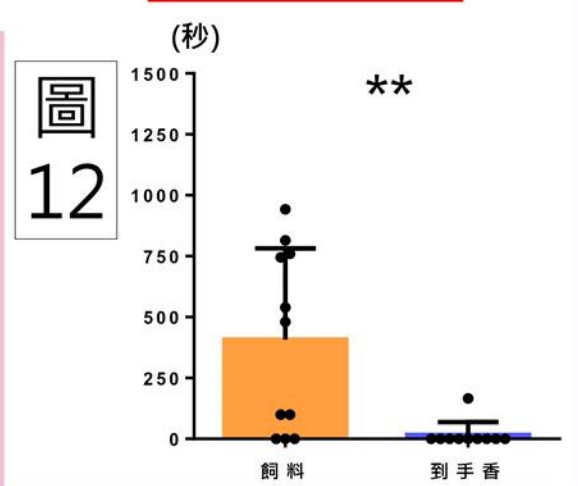
白玉蝸牛在柳丁皮處停留秒數分析



白玉蝸牛在檸檬皮處停留秒數分析

檸檬皮

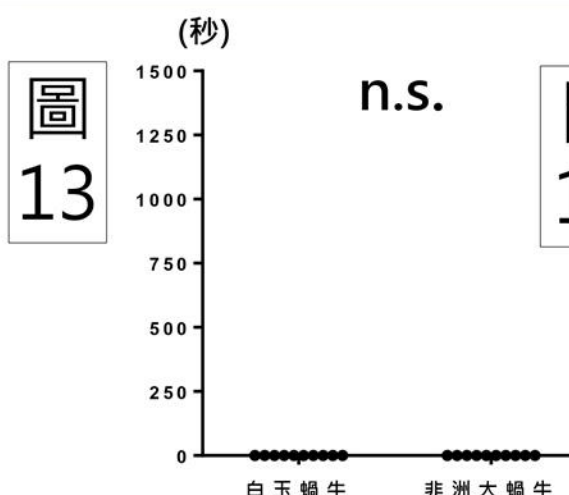
到手香



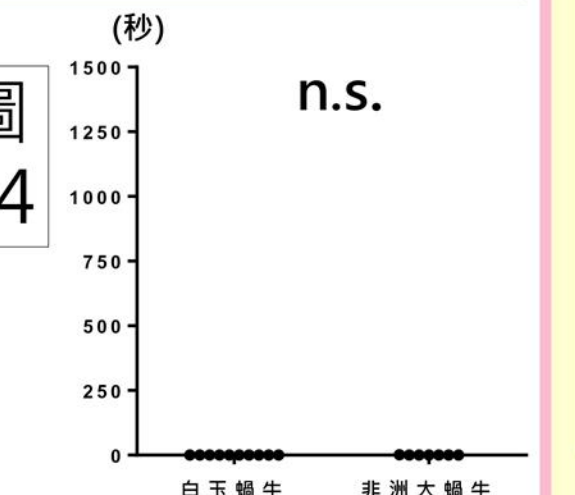
白玉蝸牛在到手香處停留秒數分析

文獻支持的迴避作物

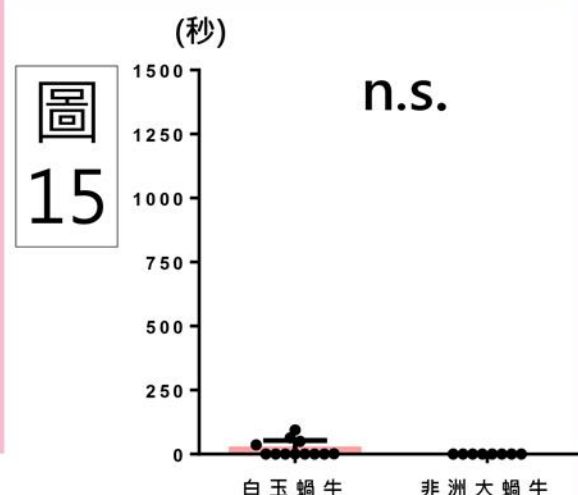
其他有顯著差異的作物



加入非洲大蝸牛分析後比較



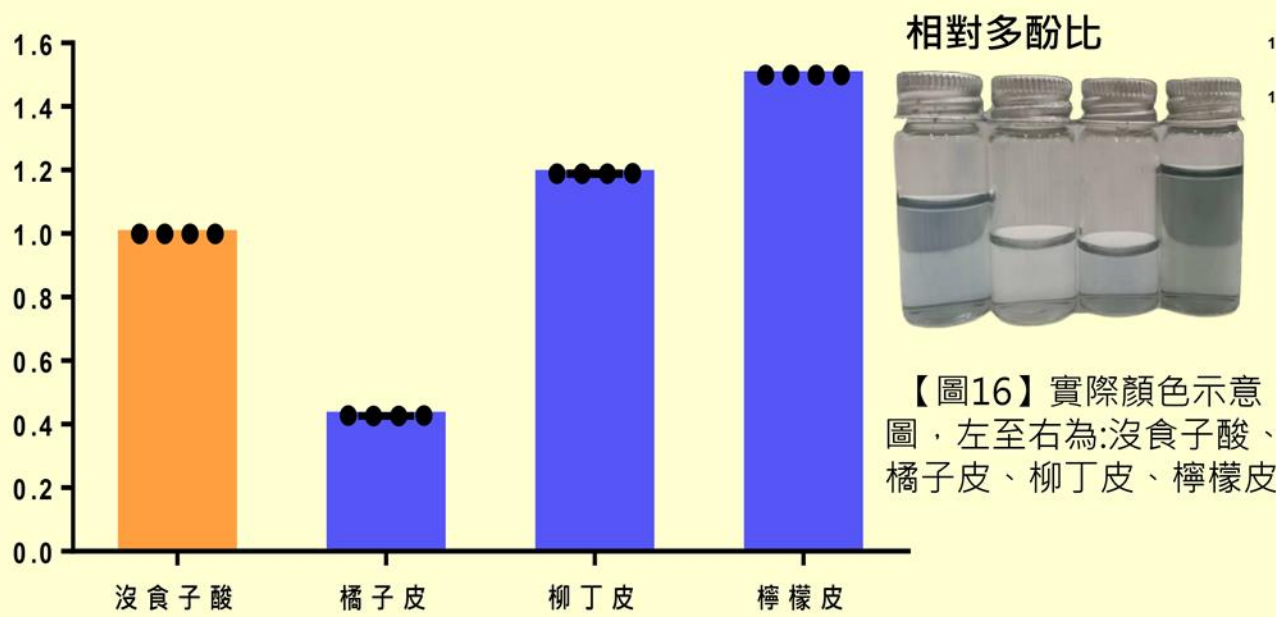
加入非洲大蝸牛分析後比較



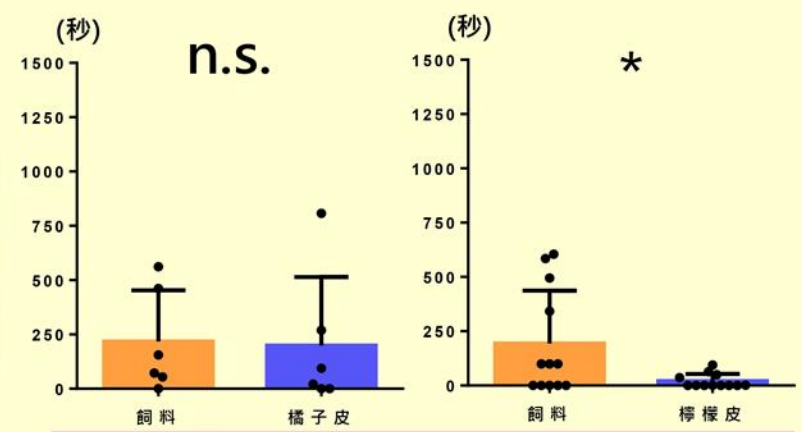
加入非洲大蝸牛分析後比較

伍、實驗結果-本研究迴避作物應用於生物驅趕

二、多酚相對含量與迴避關聯



【圖17】不同作物經磷鉬酸方法以沒食子酸為基準所檢測到的多酚相對含量



在蝸牛迴避多酚的文獻背景下。

1. 本研究測得橘子皮的多酚相對含量**最低**，蝸牛呈現**不顯著**迴避反應。
2. 本研究測得檸檬皮的多酚相對含量**最高**，蝸牛呈現**顯著**迴避反應。
3. 本研究推測：作物多酚含量需要高到某個程度，蝸牛才可能有較顯著的迴避行為反應。
4. 到手香可能是另一種未知機制。

三、天然植物液噴灑方法應用於蝸牛防治

到手香

檸檬皮

白玉蝸牛



非洲大蝸牛



【圖18】不同植物萃取水溶液噴灑於小白菜後，蝸牛對處理後之小白菜的覓食行為反應

陸、結論

- 一、白玉蝸牛會對柳丁皮、檸檬皮及到手香產生迴避情況，其中以**到手香最為顯著**。
- 二、非洲大蝸牛與白玉蝸牛食性**並無太大差異**。皆對柳丁皮、檸檬皮及到手香產生迴避情況；大番茄、胡蘿蔔、小白菜呈吸引反應；剩餘皆無顯著結果。
- 三、**多酚含量越多**使蝸牛迴避更顯著。
- 四、**到手香及檸檬皮**皆能使小白菜被食用次數降低，其中效果又以**到手香最具有發展潛力**。

柒、未來展望

- 一、本次實驗只是以模型模擬蝸牛迴避作物的情形，並未加入其他農田中需考量的因素，如：氣候環境與其他物種等等。日後在實際運用上仍需進行改良，使之更符合現實環境，但藉由我們的實驗先篩選出可行的作物，有利日後施行。
- 二、到手香與檸檬皮可有效使蝸牛迴避，未來應思考如何將其改良得更具田間應用性。
- 三、咖啡渣實驗得知大多數蝸牛都會迴避，具有可行性，但因統計方式而無顯著結果，所以並未深入的研究，未來可針對此方面進行探討。