

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

佳作

030317

香菸、檳榔對鼠婦趨避行為的影響

學校名稱：臺北市立明德國民中學

作者： 國二 黃品甄 國二 沙品妍	指導老師： 戚居姮 張湘玲
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：鼠婦、香菸、檳榔

摘要

本研究以多霜蠟鼠婦為對象，探討香菸與檳榔對其趨避行為的影響，以了解隨地丟棄的菸灰、菸蒂、檳榔汁及檳榔渣是否會改變土壤中微小清除者的行為。研究結果顯示，香菸中的菸草、菸灰及濾嘴，市售白灰檳榔嚼塊，以及檳榔嚼塊中的萁葉、萁花、白灰、紅灰及檳榔果實，皆對鼠婦有驅避效果。當土壤出現這些污染物，鼠婦會產生忌避行為，傾向選擇在無污染的區域內活動，並減少探索受污染的區域。本研究證實香菸及檳榔嚼塊對生態環境造成危害，不僅污染土壤，還改變生態系統中小型清除者的行為，此實驗為環境保護提供了重要科學依據。

壹、前言

一、研究動機

香菸及檳榔含有多種對人體有害的化學物質，這些物質對植物及動物也可能具有毒性，造成生長、發育、運動及生殖的障礙，甚至導致生物死亡，或透過食物鏈產生生物放大作用，危害生態系。

台灣具有廣大的吸菸者「癮君子」以及嚼食檳榔的「紅唇族」，在許多國人缺乏公德心的狀況下，公園及路邊常可見隨意丟棄的菸灰、菸蒂、檳榔汁及檳榔渣，尤其是肉眼不容易仔細觀察到的行道樹區或植被區。由於台灣的氣候潮溼多雨，丟棄的菸蒂及檳榔廢棄物被雨水浸溼後，菸灰、菸草、濾嘴、檳榔汁及檳榔渣的化學成分便隨著雨水滲入土壤，可能影響土壤的性質，直接或間接危害土壤中的生物。

我們在校園中榕樹下的土壤發現許多小型的無脊椎動物-鼠婦。鼠婦俗稱潮蟲，是陸生的甲殼類節肢動物，常見於校園、公園及行道樹等具有植被的土壤中。鼠婦以枯葉、枯枝等腐植質為食，屬於生態系中的清除者，對生態系的元素循環與能量流轉具有重要作用。

我們選擇校園土壤中數量及體型最優勢的多霜蠟鼠婦作為研究對象，想了解這些鼠婦是否能迅速感知這些滲入土壤中的有害物質，因而產生忌避行為，遠離有害物質。並藉由香菸與檳榔對鼠婦行為模式的影響，進一步探討其對土壤生態系統可能帶來的潛在衝擊。我們期望本研究的結果能為生態學提供有力的科學依據，能進一步推動環境保護和宣導。

二、研究目的

(一)探討香菸對多霜蠟鼠趨避行為的影響

(二)探討檳榔對多霜蠟鼠趨避行為的影響

三、文獻回顧

(一) 香菸廢棄物

菸蒂又稱**菸屁股** (cigarette butt,CBs) 是地球上最常見的垃圾，含有超過 7000 種有毒化學物質，這些化學物質在被丟棄時會滲入生態環境系統。每年至少有數兆個菸蒂污染各地的海洋、河流、城市人行道、公園、土壤和海灘 (WHO,2022)。根據 2022 年國際海岸清理報告，全球志工共清理出約 1,552 萬件垃圾，其中菸蒂約 186 萬支，數量居所有廢棄物之冠，凸顯了菸蒂隨處亂丟的普遍性。根據環境部環境管理署統計，2023 年我國香菸銷售約 362 億根，若有四分之一菸蒂遭亂丟，估計每年至少超過 90 億根菸蒂散布於環境中。

菸蒂及菸灰含有大量難分解的塑膠及有毒化學物質，對土壤、水體、生態系統中的動植物均帶來潛在危害。台灣的氣候潮溼多雨，丟棄在路面、土面、水溝及植被的菸蒂及菸灰經雨水浸溼後，所含之有害物質隨著水滲入土壤，造成土壤及地下水污染，或經由雨水逕流造成河川及海洋污染。



密集丟棄的菸蒂



含菸灰的菸蒂



被雨水浸濕的菸蒂



香菸盒及檳榔袋

照片來源：作者自行拍攝

研究顯示，低濃度菸蒂可抑制植物根生長、發芽，以及造成某些水生無脊椎生物（如螺類與扁蟲）死亡，並干擾抑制浮游動物移動能力(Arat, S,2024)。一支菸蒂浸泡在 1 公升水中，其釋放的化學物質足以在 96 小時內導致一半的魚類死亡(Slaughter,2011)。散落在環境中的菸蒂常被野生動物誤食或錯用，小型動物、鳥類、海龜、海洋哺乳類及魚類容易誤食菸蒂造成消化阻塞，或引發中毒而死亡。科學家也發現香菸中特定化學物會沿食物鏈傳遞並在高

階消費者體內蓄積(Zakin,2013)。以上研究顯示香菸廢棄物對動植物不僅具有急性毒，還帶來長期的生態風險。

香菸的結構主要分為三個部分：菸草、捲菸紙及濾嘴，含有數千種成份，包含尼古丁（Nicotine）、菸焦油(Tar)、多環芳香烴（PAHs）、重金屬及塑膠纖維等，是有害物質的濃縮庫。台灣的「菸品尼古丁焦油含量檢測及容器標示辦法」第7條規定，98年4月1日後，紙菸每支的尼古丁，不得超過1mg；每支的焦油，不得超過10mg。

香菸中成分對動植物及環境的影響如下：

1. 尼古丁：為菸草中的主要有害化學成分。

(1) 具有強烈的成癮性，影響中樞神經系統，能促進多巴胺分泌，帶來短暫的快感和放鬆感。會導致高血壓，易引發中風和心臟病，增加孕婦早產風險。

(2) 是一種神經毒素，能作用於昆蟲的神經元乙醯膽鹼受體，進而使昆蟲癱瘓或死亡。早期農業中，人們常使用菸草浸出液來殺滅害蟲，這種方法對多種昆蟲害蟲效果顯著。（謝再添，2007）

(3) 尼古丁對土壤清除者的影響：中原大學蕭崇德教授等人開發了一種新型蚯蚓行為檢測平台，用以評估類尼古丁藥物的毒性。研究結果顯示，所有類尼古丁藥物都降低了蚯蚓的活動，還會改變蚯蚓的運動方向和複雜性，甚至會改變蚯蚓的探索行為。（蕭崇德等，2024）

(4) 每平方公尺一根菸蒂即對農作物產生污染，使農作物殘留尼古丁並超過最大殘留限量20倍以上，影響人類健康。（Selmar et al.,2018）

(5) 每年全球亂丟菸蒂的估計數量中，可能有380至7065公噸的尼古丁釋放進入水域環境，對於魚類、水蚤(如橈足類)、藻類等水生生物具有高度危害性。

（Dobaradaran et al.,2024）

2. 重金屬：菸草在種植過程中會累積多種重金屬元素，燃燒後約41%~69%的重金屬殘留在菸灰中，10%~28%留在煙蒂濾嘴。菸蒂中可檢出多達17種重金屬元素，包括放射性的鈾等。（Yang,2023）菸蒂中重金屬通常不會引起急性中毒，但在環境及生物體內不會分解，會隨著食物鏈累積，造成生物放大作用。

3. 菸焦油：菸草燃燒後產生焦油和多種揮發性有機化合物(VOCs)、多環芳香烴(PAHs)和其他有毒物質及金屬氧化物。（世界衛生組織，2018）目前已檢出9種多環芳香烴，如苯、甲苯、萘、蒽等。（Yang,2023）

4. 濾嘴：濾嘴的主要成份為醋酸纖維素 (Cellulose Acetate)，由植物纖維經化學處理而成的材料，在自然界不易分解，易導致環境污染問題。每根濾嘴含有約 12,000 條細微纖維，需 10 年以上才能分解，化為更小的微塑膠微粒，長期殘留在環境中。此外，濾嘴在製造時添加增塑劑（例如三醋酸甘油酯）和二氧化鈦等化學品以改善口感和外觀，這些添加物進一步增加了污染物種類。研究發現，未經吸食的濾嘴，其浸出液對魚類也具有毒性，實驗分別顯示每公升含 5.1 及 13.5 支菸的濾嘴，即可造成半數魚類死亡，顯示濾嘴本身的材料和添加劑也可能對水生生物造成危害。(Slaughter,2011)

香菸廢棄物成分比較（資料來自文獻回顧）：

部位	未燃燒菸草	燃燒後菸灰	吸菸後濾嘴
尼古丁含量	最高	低（燃燒後減少）	中（吸菸時殘留）
重金屬濃度	中	高（燃燒後濃縮）	低
PAHs	低	最高 （燃燒產生）	高（煙霧殘留）
短期生物毒性	最高 （尼古丁）	高	高
長期生態影響	較低	高（重金屬）	高（重金屬、塑膠）

（二） 檳榔廢棄物

檳榔（*Areca catechu*）嚼食在台灣已有數百年歷史，原本是原住民與閩南移民的重要文化習俗，象徵社交與禮儀。檳榔市場在 20 世紀末達到高峰，估年產值達到百億台幣，經由政府的努力宣導下，人民逐漸了解檳榔及口腔癌的關聯，檳榔嚼食率逐漸下滑，根據國健署的統計，嚼食率由 2007 年的 16.6% 降至 2021 年的 6.3%。目前，檳榔嚼食在勞工階層及農民仍舊非常普遍，檳榔攤在台灣各地仍十分常見。

臺灣嚼檳榔文化通常咀嚼物組成成分包含：檳榔果實、石灰（紅灰、白灰）、荖葉或荖花，另因地區和個人習慣、喜好等素差異，根據田野調查，南部族群偏好白灰檳榔，認為成分天然口感較溫和，北部則偏好紅灰檳榔，口感偏甜且有豐富的味道。

台灣的檳榔嚼塊大致有以下三種常見的種類（資料來自田野調查、檳榔攤及親友）：

名稱	白灰檳榔 	紅灰檳榔 	菁仔 
組成	新鮮檳榔果實、石灰、荖葉	新鮮檳榔果實、紅灰、荖花	新鮮檳榔果實
做法	將石灰塗抹在荖葉上，包裹檳榔果	將檳榔果從中剖開，在剖面上塗上紅灰，再夾一塊荖花	直接嚼食檳榔果實
口感及體感	<ol style="list-style-type: none"> 1. 具有荖葉的香氣。 2. 檳榔與荖葉及石灰混合約 5-10 秒，澀味會消失。 3. 全身發汗、心臟發熱。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 具有荖花的香氣。 2. 較為甜膩刺激。 3. 檳榔與荖花及石灰混合約 5-10 秒，澀味會消失。 4. 全身發汗、心臟發熱。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非常澀，風味單調。 2. 食用族群較少。 3. 戒檳榔者的過度食用方式。
是否吐檳榔汁	嚼食後 10-30 秒，會吐出 第一口檳榔汁 ，再繼續嚼食。	嚼食後 10-30 秒，會吐出 第一口檳榔汁 ，再繼續嚼食。	嚼食後 10-30 秒，會吐出 第一口檳榔汁 ，再繼續嚼食。
吐檳榔汁原因	認為檳榔性寒，第一口汁含大量檳榔鹼，吞入過多會造成腹瀉。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 認為檳榔經過漂白有礙健康，故需要吐出第口汁。 2. 避免吞入過多檳榔鹼造成腹瀉。 	避免吞入過多檳榔鹼造成腹瀉。



植被區的檳榔渣



密集丟棄的檳榔渣



土壤區的檳榔汁



馬路上的檳榔汁

照片來源：作者自行拍攝

檳榔嚼塊中成分介紹以及對動植物及環境的影響如下：

1. 檳榔果實（學名：Areca catechu）對人類有微成癮性及抗憂鬱作用，有致癌性，含有多種化學物質。WHO 已將檳榔列為一級致癌物。
 - (1) 檳榔鹼（arecoline）：可興奮人類中樞神經，具有催涎、發汗的作用，有致癌性。生食檳榔中檳榔鹼含量一般在 1 - 10 mg/g（乾重），未熟果的含量高於成熟果（Dutta et al.,2018）。檳榔鹼具有生物毒性可誘導菜青蟲（*Spodoptera litura*）的腸道組織病變，抑制其消化酶活性，延緩幼蟲生長顯著（Zhang et al.,2024）
 - (2) 其他生物鹼：如檳榔次鹼 (Arecaidine)、古里可鹼 (Guvacoline)、古里可次鹼 (Guvacine) 等。
 - (3) 單寧酸（Tannins）：澀味的來源，具有抗氧化、抗微生物的功效，會刺激口腔黏膜，可能影響土壤微生物平衡。
2. 石灰：通常是氧化鈣或氫氧化鈣，強鹼性，會與檳榔鹼發生化學反應，釋放出更多活性生物鹼，增強刺激效果，灼傷口腔黏膜，長期接觸會增加致癌機率。含有石灰的檳榔汁進入土壤中，會使局部土壤的 pH 值產生劇烈改變，引起生物的忌避行為。研究發現，蚯蚓表皮對鹼性物質敏感，pH>9 時會迴避及繭數下降（Spurgeon et al., 2003）。
 - (1) 白灰：主要化學成分是氫氧化鈣（ Ca(OH)_2 ），俗稱「熟石灰」，製作過程中會加入米酒及貝殼粉。
 - (2) 紅灰：主要化學成分也是氫氧化鈣（ Ca(OH)_2 ），傳統做法要加入熬煮後的中藥、香料。現今則大多使用人工色素及人工香料。（林佩君等,2020）
3. 荖葉：荖藤（*Piper betle* L.）屬於胡椒科（*Piperaceae*）胡椒屬的多年生常綠攀緣藤本植物，荖葉即此植物雄株之葉。用於包裹檳榔，具有辛香味。荖葉中含有揮發油、酚類、單寧、萜類及生物鹼等化學成分，具有抗菌、抗真菌和驅蟲特性。荖葉萃取物中的酚類和揮發油成分（如丁香酚等）散發出強烈氣味，對昆蟲驅避效顯著，並對外骨骼生理功能產生影響，有毒殺效果(Alighiri et al.,2022)，因此，鼠婦亦可能會避免接觸。
4. 荖花: 荖藤為肉穗花序，花呈穗狀不具花瓣。荖花來自荖藤雌株未成熟的花，包夾在加了紅灰的檳榔中一起嚼食。荖花含有 15mg/g(新鮮重)高量的致癌物黃樟素（Safrole），被認為具有顯著的致癌性風險（Chang,2002）。黃樟素對節肢動物具

有毒性，高劑量含黃樟素的精油對儲藏害蟲如玉米象（*Sitophilus zeamais*）具有迅速殺滅及強力驅離的效果 (Mossi et al., 2014)。

檳榔、石灰、荖葉或荖花共同嚼食所產生的化學反應：

1. 檳榔鹼的化學變化：

檳榔中的檳榔鹼常以質子化(Arecoline·H⁺)的狀態存在，水溶性高但不易穿透細胞膜，生理活性相對較低，具有澀、苦味。

檳榔鹼在強鹼性（pH 約 10- 12）的石灰溶液中，會成為游離型（IARC, 2004），生理活性高，容易通過細胞膜被人體吸收。

游離型檳榔鹼會慢慢水解為檳榔酸，化學反應過程如下：

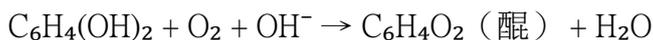


檳榔鹼與檳榔酸皆會導致斑馬魚運動障礙及胚胎發育異常，且檳榔鹼較檳榔酸毒性更強（Soliman et al., 2023）。

2. 產生紅色色素：

檳榔果實中含有豐富的多酚類，如單寧酸（tannins）、兒茶素（catechins）等，這些成分在鹼性條件下容易氧化成醌類（quinones），再進一步聚合或縮合成深紅色或紅棕色的色素。

簡式（非完整化學式）如下：



此外，荖葉亦含有酚類化合物如丁香酚（eugenol）、兒茶酚（allyl catechol）等，也會在鹼性條件下氧化為醌類，使紅色更明顯。

根據以上文獻，推測紅唇族咀嚼檳榔後吐出的第一口紅色檳榔汁，含有高濃度的游離型檳榔鹼、石灰、醌類以及添加物（如漂白劑、香料、色素等），而咀嚼數分鐘後吐出的檳榔渣，則主要是檳榔果實纖維、醌類及檳榔酸。

（三） 鼠婦

1. 鼠婦分類地位：

鼠婦是土壤中常見的節肢動物，俗稱潮蟲或西瓜蟲，分類地位如下：

節肢動門 (Arthropoda)

軟殼綱 (Malacostraca)

等足目 (Isopoda)

潮蟲亞目 (*Oniscidea*)

鼠婦包含球鼠婦科(Armadillidiidae)、鼠婦科 (Porcellionidae) 海蛆科 (Oniscidae) 等。

2. 鼠婦的介紹

胸部由 7 個胸節組成，有七對胸肢、五個腹節(pleonite)及兩對尾肢，具二對觸角及咀嚼式口器。雄性第一及第二腹節具生殖突；雌性胸節則具抱卵板位於胸節板基部，供卵及幼體孵化。鼠婦主要以有性生殖及體內受精繁殖後代，雌性鼠婦的抱卵板由腹部的薄膜形成，受精卵會在抱卵板發育，經過數週的發育後，會孵化成幼體。幼體與成體形態相似，但外骨骼無法隨著身體成長，需通過多次蛻皮，逐漸發育為成體(宋齊芸等，第 58 屆全國科展，2018)。

鼠婦是完全適應陸生環境的甲殼類動物。球鼠婦科在遇到危險時，身體會捲曲成球狀，用以防禦保護，如巴普威球鼠婦；鼠婦科則無法捲曲成球狀，遇見危險時只能快速逃離，如多霜蠟鼠婦。

鼠婦主要生活在潮濕、陰暗的環境中，例如腐葉、腐木、土壤表層以及石頭或樹皮下。牠們以腐爛的植物、有機物質為食，屬於清除者，對生態系的元素循環及能量流轉佔有重要角色。(陳美如，2011)

3. 鼠婦的相關科展研究

- (1) 研究發現多霜蠟鼠婦及光滑鼠婦皆具有交替性轉向反應，且可連續發生，並且證明沿牆行走會影響轉向方向，當轉向後移動距離增加，反應頻率就愈低。鼠婦轉向時的步態與直線移動不同，內側的胸肢站立期比率較外側高。(方誌鈞等，第 62 屆全國科展，2022)
- (2) 研究發現喜陰蟲和鼠婦棲息於陰濕且透氣的土壤，以氣管肺換氣，雌雄異體的潮蟲雖為卵生，交配後將受精卵抱於卵囊中，待胚胎孵化且有足夠的水份才產出，因此需生長在潮溼的土壤，乾燥和低溫對二種潮蟲的生存不利。喜陰蟲對溫度的耐受度比鼠婦來得佳，食量和溫度有關，高溫環境食量和排便量大。潮蟲能適應綿布飼養的人工環境，因此是作為控制實驗的好材料，實驗結果顯示潮蟲有明顯的趨濕性，沒有明顯的負趨光性。(宋齊芸等，第 58 屆全國科展，2018)

貳、研究設備及器材

一、採集飼養器具：鏟子、飼養盒、校園土壤、落葉、水苔、鏟子

二、實驗材料：

1. 香菸：品牌為 kingston(金絲頓)，購自便利商店
2. 檳榔：白灰檳榔嚼塊、紅灰檳榔嚼塊、菁仔（純檳榔果實）、白灰、紅灰、荖葉、荖花，購自檳榔攤

三、實驗器材：純水（蒸餾水）、觀察盒、甲蟲培養土、4x4 無菌紗布、電子秤、鐵杯、鐵杯、剪刀、鋏定剪、打火機、果汁機、燒杯、滴管、白紙、迷你鏟。

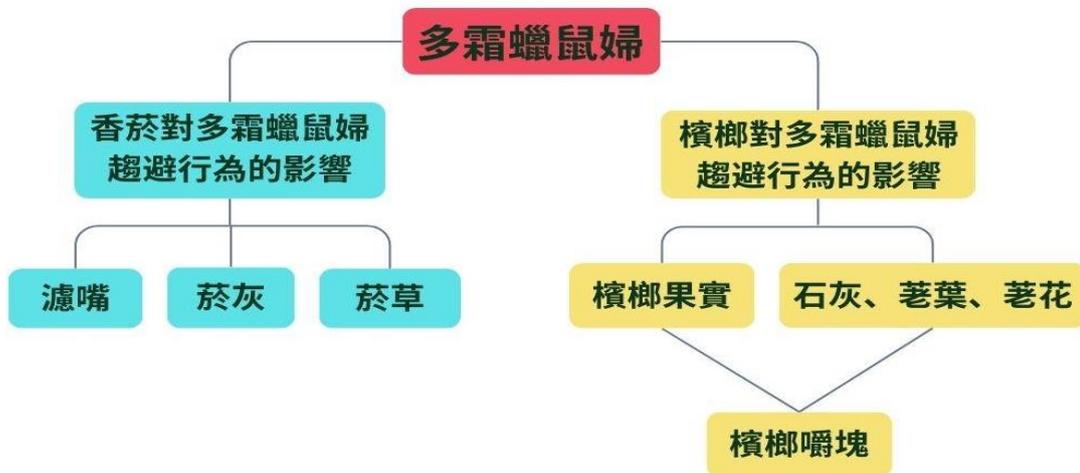
檳榔	香菸	甲蟲培養土	觀察盒
			
4x4 紗布	蒸餾水	果汁機	鋏定剪
			

(照片來源：作者自行拍攝)

參、研究過程或方法

一、研究架構圖

香菸及檳榔對多霜蠟鼠婦趨避行為的影響



二、研究過程

(一) 鼠婦的採集及飼養

我們在校園內的五個樣區皆有發現數種鼠婦，多為巴普威球鼠婦及多霜蠟鼠婦，通常是在大樹的樹根旁落葉堆，翻開土壤表層，即可看見大量鼠婦。雖然四季皆可發現鼠婦，但是氣溫越高，鼠婦的數量就越多，因此春季及夏季都是採集鼠婦的好時機，雖然鼠婦很多，但想要捕捉並不容易，牠們體型非常小且行動迅速，所以我們必須直接收集土壤，再從土壤找出最優勢的種類。

在收集的土壤中，我們發現校園中數量及體型最優勢是多霜蠟鼠婦（*Porcellio pruinosus*）（Brandt,1833），一公升的土壤中，可以發現 100 隻以上的多霜蠟鼠婦，約佔 90%，反之，巴普威球鼠婦體型較小，數量也較少，約佔 10%。因此我們選擇在校園的土壤中採集體型 >5mm 的多霜蠟鼠婦飼養，並作為實驗材料。

多霜蠟鼠婦（*Porcellio pruinosus*）分類地位：

節肢動物門 (Arthropoda)

甲殼綱 (Crustacea)

等足目 (Isopoda)

鼠婦科 (Porcellionidae)

鼠婦屬 *Porcellionides*

為台灣原生種(台灣物種名錄，2024)，也是都市綠地土壤中最常的鼠婦，體表覆蠟質，呈現灰白色或灰橘色，體長約 0.5-1cm，最大可到 1cm-1.5cm。與球鼠婦科(Armadillidiidae)不同，霜蠟鼠婦無法完全捲成球狀，在受到威脅時主要通過快速逃跑來保護自己。

多霜蠟鼠適應性極強，於台灣的低海拔地區、潮濕的土壤和人為干擾區域十分普遍。常見於都市中的植被土壤區域，如行道樹、校園樹木之樹根旁充滿落葉的土壤，以及農田、堆肥場、公園等等，各種植物盆栽內也時常可見。

多霜蠟鼠飼養非常容易，我們使用塑膠飼養盒來飼養多霜蠟鼠婦，以原生長區域的土壤為基底，枯葉、墨魚骨提供營養，並放置木片及水苔提供鼠婦藏身及活動空間，若原土壤已具有濕度，則可不另添加水。根據我們觀察，多霜蠟鼠婦具有抱卵行為，雌鼠婦每次可產下 10-50 隻幼蟲。多霜蠟鼠婦捕捉容易，飼養成本低，繁殖力強，是非常好的實驗材料。



採集多霜蠟鼠婦



採集多霜蠟鼠婦



多霜蠟鼠婦飼養環境



多霜蠟鼠婦

照片來源：作者自行拍攝

(二) 研究方法:

實驗設計及步驟

<p>以 174mm×125mm×85mm 的白色半透明盒作為實驗環境，底部鋪墊一張白紙，白紙中央畫一條線，對齊盒長邊的正中央成為中線。</p>	
<p>中線左右兩側盒底各鋪滿 15g 底材，壓平，使鼠婦短時間內無法鑽入土中。其中一側 87mm×125mm 區域作為實驗區，另一側 87mm×125mm 區域為對照區。</p>	

將 10 隻鼠婦同時放置在中線	
每 15 秒紀錄一次中線兩側（即實驗區與對照區）鼠婦的數目，計時 5 分鐘，共記錄 20 次。並重複三次。	
統計並分析數據： <ol style="list-style-type: none"> 1. 計算三次實驗結果之累計值、平均值及標準差。 2. 進行卡方分析，了解污染物對鼠婦是否有整體的驅避效果。 3. 進行趨勢卡方分析，了解鼠婦的忌避行為是否隨時間增強。 4. 進行趨勢卡方分析，比較不同濃度或種類的污染物之驅避效果 	

照片來源：作者自行拍攝

探討一：香菸對多霜蠟鼠婦趨避行為的影響

探討 1---1：菸草的驅避效果

實驗目的：探究不同濃度菸草的驅避效果

空白對照組實驗區	空白對照組對照區	空白對照組
15g 培養土+5ml 蒸餾水	15g 培養土+5ml 蒸餾水	

菸草製備： 分別將 1 支、2 支及 3 支香菸去除濾嘴及菸紙，與培養土混合均勻。		
----------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

照片來源：作者自行拍攝

組別	實驗區	對照區
1	14.5g 培養土+0.5g 菸草（一支菸）+5ml 蒸餾水	15g 培養土+5ml 蒸餾水
2	14g 培養土+1g 菸草（二支菸）+5ml 蒸餾水	15g 培養土+5ml 蒸餾水
3	13.5g 培養土+1.5g 菸草（三支菸）+5ml 蒸餾水	15g 培養土+5ml 蒸餾水

探討 1---2：菸灰的驅避效果

實驗目的：探究不同濃度菸灰的驅避效果

<p>菸灰製備：</p> <p>分別將 1 支、2 支及 3 支香菸去除濾嘴及菸紙，在鐵杯或鐵盤內燃燒成菸灰，將菸灰與培養土混合。（製備過程配戴口罩及護目鏡，手並未碰觸菸灰）</p>	<p>菸灰製備</p> 	<p>菸灰製備</p> 
---------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------

照片來源：作者自行拍攝

組別	實驗區	對照區
1	14.75g 培養土+0.25g 菸灰（一支菸）+5ml 蒸餾水	15g 培養土+5ml 蒸餾水
2	14.5g 培養土+0.5g 菸灰（二支菸）+5ml 蒸餾水	15g 培養土+5ml 蒸餾水
3	14.25g 培養土+0.75g 菸灰（三支菸）+5ml 蒸餾水	15g 培養土+5ml 蒸餾水

探討 1---3：濾嘴浸泡液的驅避效果

實驗目的：探究不同濃度濾嘴浸泡液的驅避效果

<p>濾嘴浸泡液製備：</p> <p>將菸草去除，將剩下之濾嘴剪碎，加入 5ml 蒸餾水浸泡，並擠壓出濾液。（製備過程配戴口罩及實驗手套）</p>	<p>濾嘴</p> 	<p>濾嘴浸泡液</p> 
---------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------

照片來源：作者自行拍攝

實驗區	對照區
15g 培養土+0.25g/5ml 濾嘴液	15g 培養土+5ml 蒸餾水
15g 培養土+0.5g/5ml 濾嘴液	15g 培養土+5ml 蒸餾水

探討二：檳榔對多霜蠟鼠趨避行為的影響

檳榔萃取液製備：

1. 單一物質萃取：分別將檳榔果實、荖葉、荖花分別以鋏定剪剪碎，混合蒸餾水，在果汁機中攪打 5 分鐘，用雙層紗布過濾汁液。石灰與檳榔混合：將白灰與紅灰加入
2. 檳榔萃取液中。
3. 市售檳榔嚼塊萃取：將白灰檳榔嚼塊、紅回檳榔嚼塊分別以鋏定剪剪碎，混合蒸餾水，在果汁機中攪打 5 分鐘，用雙層紗布過濾汁液。
4. 將萃取液倒入燒杯，以滴管吸取 5ml 混入培養土。(製備過程配戴口罩及實驗手套)

				
檳榔果實	白灰	紅灰	荖葉	荖花
				
檳榔果實（菁仔）萃取過程	荖葉萃取過程	檳榔果實萃取液	荖葉萃取液	荖花萃取液
				
白灰檳榔嚼塊萃取過程	紅灰檳榔嚼塊萃取過程	紅灰與檳榔混合	市售白灰檳榔萃取液	市售紅灰檳榔萃取液

照片來源：作者自行拍攝

探討 2--1：檳榔嚼塊中各成分之驅避效果

實驗目的：

探究檳榔嚼塊中檳榔果實(菁仔)的驅避效果(文獻回顧 p.)。

探究特定比例白灰、紅灰（0.5g/5ml，水溶液 pH=11）的個別驅避效果(文獻回顧 p.5)。

探究一片荖葉（1g）及荖花（1g）的個別驅避效果（文獻回顧 p.5）。

空白對照組實驗區	空白對照組對照區
15g 培養土+5ml 蒸餾水	15g 培養土+5ml 蒸餾水

組別	實驗區	對照區
1	15g 培養土+檳榔果實萃取液 5g/5ml	15g 培養土+5ml 蒸餾水
2	15g 培養土+白灰 0.5g/5ml	15g 培養土+5ml 蒸餾水
3	15g 培養土+紅灰 0.5g/5ml	15g 培養土+5ml 蒸餾水
4	15g 培養土+荖葉 1g/5ml	15g 培養土+5ml 蒸餾水
5	15g 培養土+荖花 1g/5ml	15g 培養土+5ml 蒸餾水

探討 2--2：檳榔嚼塊的驅避效果

1.探究等量白灰、紅灰（0.5g）與檳榔果實萃取液混合產生化學反應後的驅避效果（文獻回顧 p.6）。

2.探究等量的荖葉、荖花（1g）與白灰檳榔混合產生化學反應後的驅避效果(文獻回顧 p.6)。

3.探究市售檳榔嚼塊成分混合產生化學反應後的驅避效果(文獻回顧 p.6)。



白灰檳榔嚼塊



紅灰檳榔嚼塊（作者自行拍攝）

組別	實驗區	對照區
1	15g 培養土+（白灰 0.5g+檳榔果實 5g） /5ml	15g 培養土+5ml 蒸餾水
2	15g 培養土+（紅灰 0.5g+檳榔果實 5g） /5ml	15g 培養土+5ml 蒸餾水
3	15g 培養土+市售白灰檳榔（檳榔 5g+白灰 0.5g+荖葉	15g 培養土+5ml 蒸餾水
4	15g 培養土+市售紅灰檳榔（檳榔 5g+紅灰 0.1g+荖花	15g 培養土+5ml 蒸餾水

肆、研究結果

探討一：香菸對多霜蠟鼠趨避行為的影響



照片來源：作者自行拍攝

探討 1--1：菸草的驅避效果

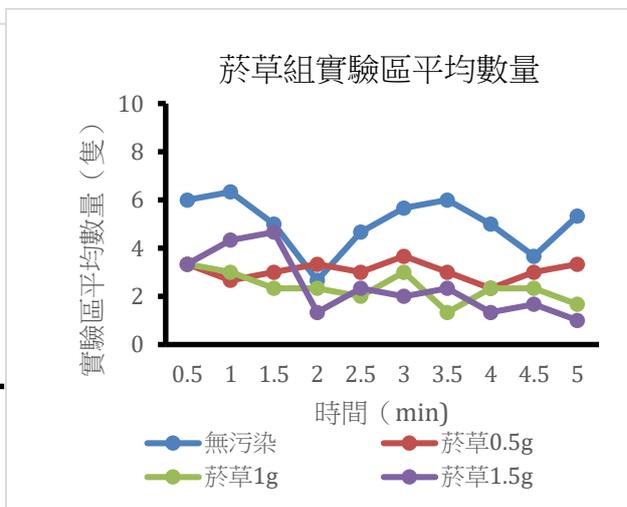
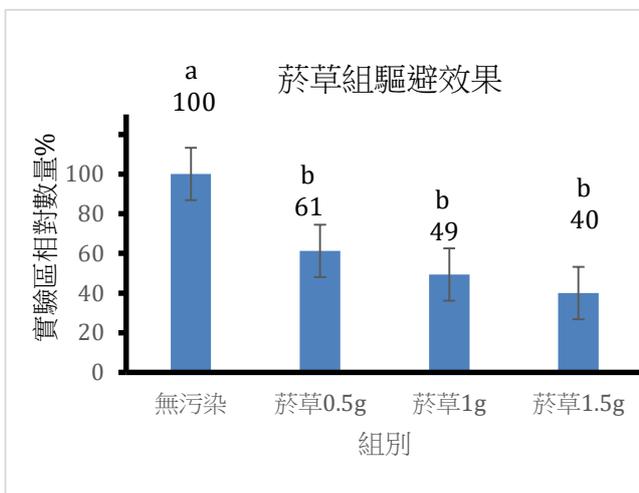


圖 1、菸草組對鼠婦的整體驅避效果
期望值百分比=(觀察值/期望值)100%
誤差線為標準差百分比

圖 2、菸草組實驗區五分鐘內平均數量

表 1、菸草組整體驅避效果及忌避行為趨勢之統計分析

時間(分鐘)	實驗區累計			
	無污染	菸草0.5g	菸草1g	菸草1.5g
1	19	8	9	13
2	8	10	7	4
3	17	11	9	6
4	15	7	7	4
5	16	10	5	3
χ^2	0	12.43	38.51	54
p值	1	**<0.0001	**<0.0001	**<0.0001
χ^2t	0.013	0.028	1.71	11.11
p值	0.908	0.827	0.191	*0.00086

表 2、菸草組實驗區 5 分鐘內平均數量

時間(分鐘)	實驗區平均數量							
	無污染	標準差	菸草0.5g	標準差	菸草1g	標準差	菸草1.5g	標準差
0.5	6	1.2	3.3	1.5	3.3	2.3	3.3	1.5
1	6.3	1.2	2.7	0.6	3	2.6	4.3	2.1
1.5	5	0.6	3	1.7	2.3	1.5	4.7	2.1
2	2.7	1	3.3	1.5	2.3	1.2	1.3	1.5
2.5	4.7	0.6	3	0	2	0	2.3	1.2
3	5.7	1	3.7	1.5	3	2.6	2	1
3.5	6	1.5	3	2	1.3	2.3	2.3	1.2
4	5	1.5	2.3	1.5	2.3	2.3	1.3	0.6
4.5	3.7	1	3	2	2.3	0.6	1.7	1.2
5	5.3	0.6	3.3	2.1	1.7	0.6	1	1
平均	5		3.1		2.4		2.4	
標準差	1.1		0.4		0.6		1.3	

在沒有污染的空白對照組中，實驗區與對照區在五分鐘內其鼠婦平均數量皆與期望值相等(p=1) (圖 1，表 1)。部分鼠婦喜好沿著飼養盒邊緣規則性移動，部分則以不規則的路徑跨越土壤移動，表示在無香菸的環境中，鼠婦族群會隨機移動，且鼠婦未隨著時間表現趨近或忌避的行為(p>0.05) (圖 2，表 1、表 2)。

在菸草 0.5g、1g、1.5g (1 支、2 支、3 支菸) 的組別中，實驗區五分鐘內鼠婦的平均數量較期望值分別降低了 38.67%、50.67%、60%，都呈極顯著下降 (p<0.01)，顯示 1 支菸以上的菸草有極顯著的驅避效果 (圖 1，表 1)。其中 0.5g 及 1g 的菸草組中，鼠婦表現穩定的忌避行為；而在 1.5g 菸草組中，鼠婦的忌避行為還會隨時間明顯增強(p<0.01) (圖 2，表 1、表 2)。

探討 1--2：菸灰的驅避效果

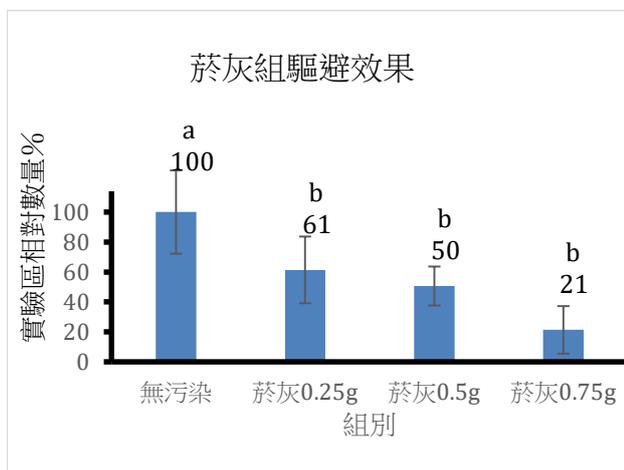


圖 3、菸灰組對鼠婦的整體驅避效果
期望值百分比=(觀察值/期望值)100%
誤差線為標準差百分比

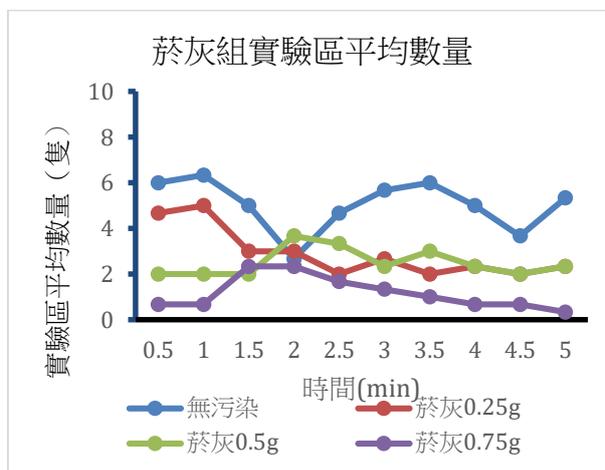


圖 4、菸灰組實驗區五分鐘內平均數量

表 3、菸灰組整體驅避效果及忌避行為趨勢之統計表 4、菸灰組實驗區 5 分鐘內平均數量分析

時間(分鐘)	實驗區累計			
	無污染	菸灰0.25g	菸灰0.5g	菸灰0.75g
1	19	15	6	2
2	8	9	11	7
3	17	8	7	4
4	15	7	7	2
5	16	7	7	1
χ^2	0	12.43	36.51	92.83
p值	1	**<0.0001	**<0.0001	**<0.0001
χ^2 t	0.013	9.11	0.107	1.95
p值	0.908	*0.0025	0.744	0.163

時間(分鐘)	實驗區平均數量							
	無污染	標準差	菸灰0.25g	標準差	菸灰0.5g	標準差	菸灰0.75g	標準差
0.5	6	1.2	4.7	2.3	2	1	0.7	0.6
1	6.3	1.2	5	1.7	2	2	0.7	0.6
1.5	5	0.6	3	2	2	0	2.3	0.6
2	2.7	1	3	2	3.7	2.9	2.3	1.5
2.5	4.7	0.6	2	1.7	3.3	2.3	1.7	1.5
3	5.7	1	2.7	1.5	2.3	1.5	1.3	1.5
3.5	6	1.5	2	1	3	1.7	1	1.7
4	5	1.5	2.3	1.5	2.3	1.2	0.7	1.2
4.5	3.7	1	2	1	2	2	0.7	1.2
5	5.3	0.6	2.3	1.2	2.3	2.1	0.3	0.6
平均	5		2.9		2.5		1.2	
標準差	1.1		1.1		0.6		0.7	

在菸灰 0.25g、0.5g、0.75g（1 支、2 支、3 支菸）的組別中，實驗區五分鐘內鼠婦的平均數量較期望值分別降低了 38.67%、49.33%、78.67%，都呈極顯著下降（ $p < 0.01$ ），顯示 1 支菸以上的菸灰有極顯著的驅避效果（ $p < 0.01$ ）（圖 3，表 3）。其中在 0.25g 菸灰組中，鼠婦一開始的忌避行為不明顯，但會隨時間顯著增強（ $p < 0.01$ ）。而在 0.5g 及 0.75g 菸灰組中，鼠婦一開始就表現明顯而穩定的忌避行為，並未隨時間增強或減弱（ $p > 0.05$ ）（圖 4，表 4）。

探討 1--3：濾嘴的驅避效果

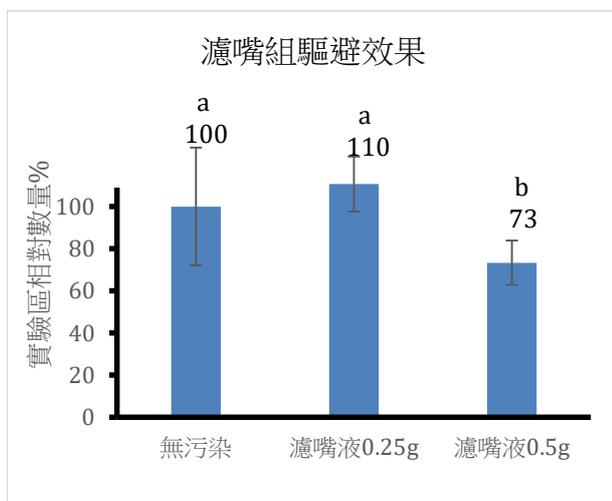


圖 5、濾嘴組對鼠婦的整體驅避效果
期望值百分比=(觀察值/期望值)100%
誤差線為標準差百分比

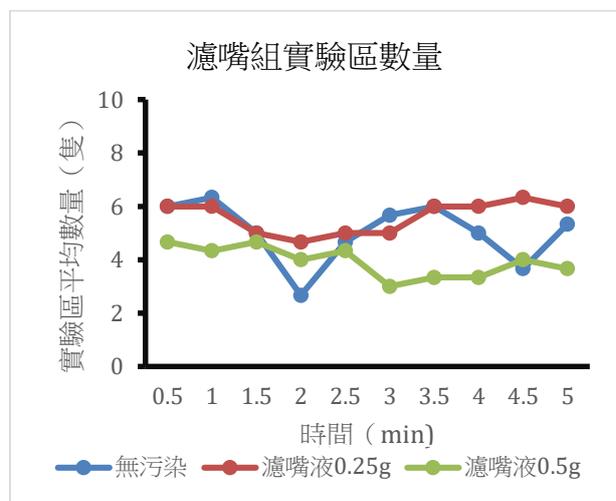


圖 6、濾嘴組實驗區五分鐘內平均數量

表 5、濾嘴組整體驅避效果及忌避行為趨勢之統計分析

時間(分鐘)	實驗區累計		
	無污染	濾嘴0.25g	濾嘴0.5g
1	19	18	13
2	8	14	12
3	17	15	9
4	15	18	10
5	16	18	11
χ^2	0	0.71	10.67
p值	1	0.191	* < 0.0011
χ^2_t	0.013	0	1.23
p值	0.908	1	**0

表 6、濾嘴組實驗區 5 分鐘內平均數量

時間(分鐘)	實驗區平均數量					
	無污染	標準差	濾嘴液0.25g	標準差	濾嘴液0.5g	標準差
0.5	6	1.2	6	2	4.7	1.2
1	6.3	1.2	6	1	4.3	1.2
1.5	5	0.6	5	1	4.7	0.6
2	2.7	1	4.7	2.9	4	1
2.5	4.7	0.6	5	1.7	4.3	0.6
3	5.7	1	5	1	3	1
3.5	6	1.5	6	1	3.3	1.5
4	5	1.5	6	0	3.3	1.5
4.5	3.7	1	6.3	0.6	4	1
5	5.3	0.6	6	0	3.7	0.6
平均	5		5.6		3.9	
標準差	1.1		0.6		0.6	

在 0.25g(半支菸)的濾嘴浸泡液組別中，實驗區五分鐘內鼠婦平均數量較期望值高 10.67%，沒有任何驅避效果 ($p>0.05$) (圖 5，表 5)；但在 0.5g (1 支菸) 的組別中，實驗區五分鐘內鼠婦平均數量較期望值降低 26.67%，出現了極顯著的驅避效果($p<0.01$)，且鼠婦的忌避行為並沒有隨著時間增強或減弱 ($p>0.05$) (圖 6，表 6)。

驅避效果比較

一、不同濃度菸草、菸灰的驅避效果比較

菸草濃度越高，實驗區鼠婦平均數量就越少，驅避效果越大 ($p<0.05$) (圖 1，表 7)；菸灰濃度越高，實驗區鼠婦平均數量就越少，驅避效果越大 ($p<0.01$) (圖 2，表 7)。

二、相同濃度的菸草與菸灰的驅避效果比較

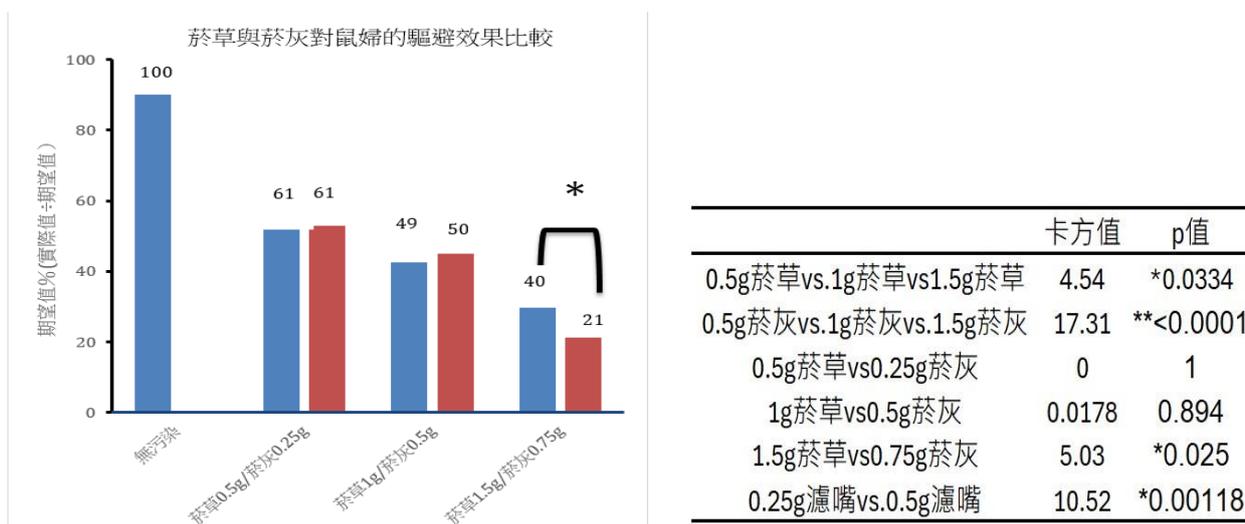


圖 7、菸草與菸灰對鼠婦的驅避效果比較 表 7、菸草與菸灰對鼠婦的驅避效果之統計分析

一支菸及兩支菸的菸草及菸灰同樣都有強烈的驅避效果，且兩者沒有差異 ($p>0.05$)。但三支菸的菸灰有非常強烈的驅避效果，比三支菸的菸草強烈($p<0.05$) (圖 7，表 7)。

探討二：探討檳榔對多霜蠟鼠婦趨避行為的影響

探討 2---1 檳榔嚼塊中成分的驅避效果

在沒有污染的空白對照組中，實驗區與對照區在五分鐘內其鼠婦平均數量皆與期望值相等($p=1$) (圖 8, 表 8)。部分鼠婦喜好沿著飼養盒邊緣規則性移動，部分則以不規則的路徑跨越土壤移動，表示在無檳榔嚼塊萃取液的環境中，鼠婦族群會隨機移動，且鼠婦未隨著時間表現趨近或忌避的行為($p>0.05$) (圖 9, 表 9)。

一、檳榔果實的驅避效果

含有檳榔果實萃取液的組別中，實驗區五分鐘內鼠婦的平均數量較期望值降低 18.67%，較無污染的對照組顯著下降 ($p<0.05$) (圖 8, 表 8)。忌避行為並未隨時間增強或減弱 ($p>0.05$)，整體顯示檳榔果實有穩定的驅避效果 (圖 9, 表 9)。

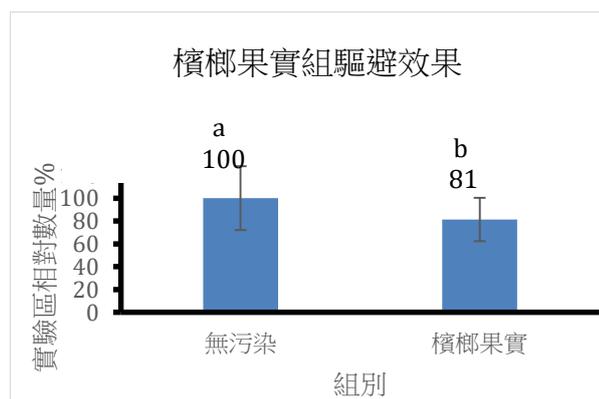


圖 8、檳榔果實組對鼠婦的整體驅避效果
期望值百分比=(觀察值/期望值)100%
誤差線為標準差百分比

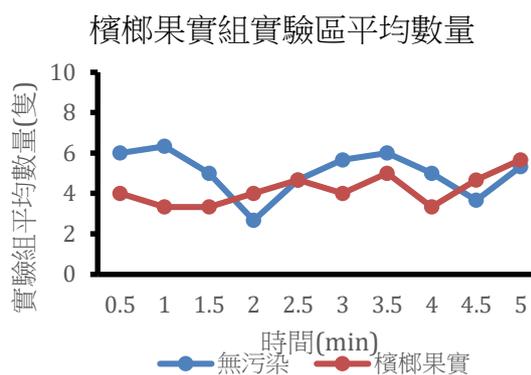


圖 9、檳榔果實組實驗區五分鐘內平均數量

表 8、檳榔果實組整體驅避效果及忌避行為趨勢之統計分析

時間(分鐘)	實驗區累計	
	無污染	檳榔果實
1	19	10
2	8	12
3	17	12
4	15	10
5	16	17
χ^2	0	4.87
p值	1	0.027
χ^2t	0.013	1.99
p值	0.908	0.158

表 9、檳榔果實組實驗區 5 分鐘內平均數量

時間(分鐘)	實驗區平均數量			
	無污染	標準差	檳榔果實	標準差
0.5	6	1.2	4	1
1	6.3	1.2	3.3	2.9
1.5	5	0.6	3.3	1.5
2	2.7	1	4	1
2.5	4.7	0.6	4.7	2.5
3	5.7	1	4	1.7
3.5	6	1.5	5	2.6
4	5	1.5	3.3	1.5
4.5	3.7	1	4.7	0.6
5	5.3	0.6	5.7	1.5
平均	5		4.2	
標準差	1.1		0.8	

二、檳榔嚼塊中其他成分的驅避效果

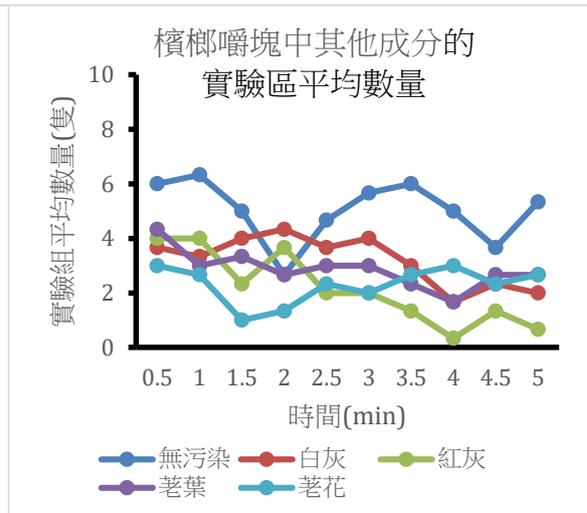
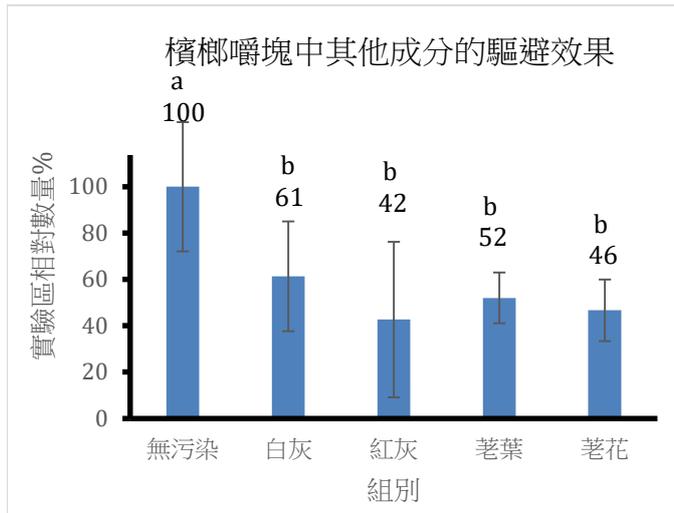


圖 10、檳榔嚼塊中其他成分對鼠婦的整體驅避效果期望值百分比=(觀察值/期望值)100%誤差線為標準差百分比

圖 11、檳榔嚼塊中其他成分實驗區五分鐘內平均數量

表 10、檳榔嚼塊中其他成分整體驅避效果及忌避行為趨勢之統計分析

時間(分鐘)	實驗區累計			
	白灰	紅灰	老葉	老花
1	10	12	9	8
2	13	11	8	4
3	12	6	9	6
4	5	1	5	9
5	6	2	8	8
χ^2	22.43	49.31	34.56	42.67
p值	**<0.0001	**<0.0001	**<0.0001	**<0.0001
χ^2_t	3.58	17.88	0.433	0.466
p值	*0.0498	**0.0000236	0.51	0.495

表 11、檳榔嚼塊中其他成分實驗區 5 分鐘內平均數量

時間(分鐘)	實驗區平均數量									
	無污染	標準差	白灰	標準差	紅灰	標準差	老葉	標準差	老花	標準差
0.5	6	1.2	3.7	1.5	4	1	4.3	1.5	3	1.7
1	6.3	1.2	3.3	0.6	4	2	3	1.7	2.7	1.5
1.5	5	0.6	4	2.6	2.3	1.5	3.3	0.6	1	1
2	2.7	1	4.3	2.3	3.7	2.1	2.7	1.2	1.3	0.6
2.5	4.7	0.6	3.7	1.5	2	1.7	3	1.7	2.3	1.5
3	5.7	1	4	2	2	1.7	3	1	2	1
3.5	6	1.5	3	0	1.3	0.6	2.3	1.2	2.7	1.2
4	5	1.5	1.7	1.5	0.3	0.6	1.7	0.6	3	2.6
4.5	3.7	1	2.3	1.5	1.3	1.2	2.7	1.5	2.3	3.2
5	5.3	0.6	2	1	0.7	0.6	2.7	0.6	2.7	2.3
平均	5		3.2		2.2		2.9		2.3	
標準差	1.1		0.9		1.3		0.7		0.7	

含有白灰、紅灰、老葉及老花萃取液的組別中，實驗區五分鐘內鼠婦的平均數量較期望值分別降低了 38.67%、57.33%、48%及 53.33%，都呈極顯著下降($p < 0.01$)，顯示這些物質皆能驅離鼠婦，且驅避效果都比檳榔果實更強烈（圖 10，表 10）。在白灰組，鼠婦的忌避行為會隨時間更明顯增強 ($p < 0.05$)，紅灰組的忌避趨勢則非常明顯 ($p < 0.01$)（圖 11，表 11）。

探討 2---2 檳榔嚼塊的驅避效果

一、檳榔果實與石灰混合後的驅避效果

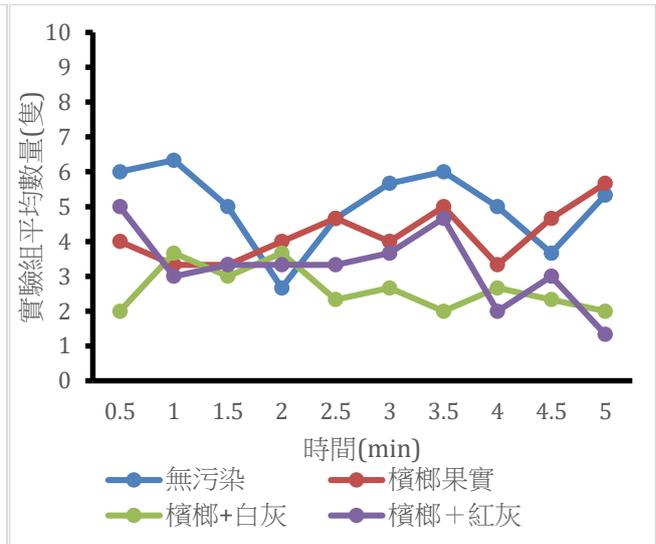
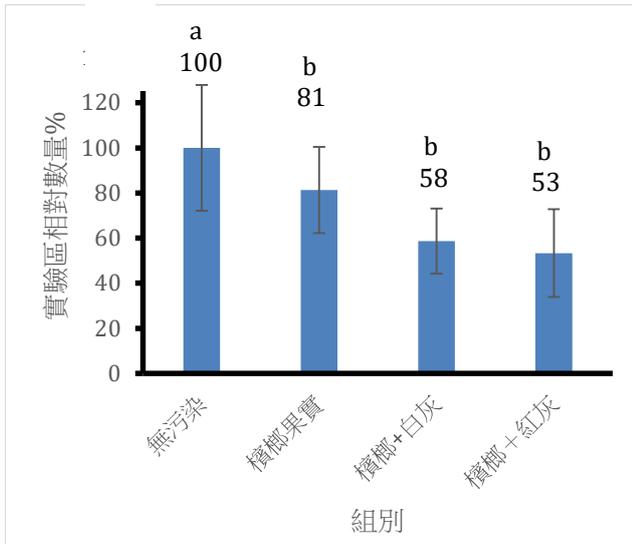


圖 12、檳榔加石灰組對鼠婦的整體驅避效果
期望值百分比=(觀察值/期望值)100%誤差線為
標準差百分比

圖 13、檳榔加石灰組實驗區五分鐘內平均數量

表 12、檳榔加石灰組整體驅避效果及忌避行為
趨勢之統計分析

時間(分鐘)	實驗區累計		
	檳榔	檳榔+白灰	檳榔+紅灰
1	10	11	9
2	12	11	10
3	12	8	11
4	10	8	6
5	17	6	4
χ^2	4.87	25.63	32.67
p值	0.027	**<0.0001	**<0.0001
χ^2t	1.99	2.59	3.34
p值	0.158	0.107	0.064

表 13、檳榔加石灰組實驗區 5 分鐘內平均數
量

時間 (分鐘)	實驗區平均數量							
	無污染	標準差	檳榔果實	標準差	檳榔+白灰	標準差	檳榔+紅灰	標準差
0.5	6	1.2	4	1	2	2	5	3
1	6.3	1.2	3.3	2.9	3.7	0.6	3	2
1.5	5	0.6	3.3	1.5	3	2	3.3	1.2
2	2.7	1	4	1	3.7	1.2	3.3	0.6
2.5	4.7	0.6	4.7	2.5	2.3	1.2	3.3	1.2
3	5.7	1	4	1.7	2.7	0.6	3.7	2.1
3.5	6	1.5	5	2.6	2	1	4.7	2.1
4	5	1.5	3.3	1.5	2.7	1.5	2	0
4.5	3.7	1	4.7	0.6	2.3	1.5	3	2.6
5	5.3	0.6	5.7	1.5	2	1	1.3	0.6
平均	5		4.2		2.6		3.3	
標準差	1.1		0.8		0.6		1.1	

表 14、檳榔加石灰的驅避效果比較

	卡方值	p值
菁仔vs白灰+檳榔	4.23	0.0396
菁仔vs紅灰+檳榔	6.58	*0.0103
白灰+檳榔vs紅灰+檳榔	0.265	0.607

在混合了白灰、紅灰的檳榔萃取液組別中，實驗區五分鐘內鼠婦的平均數量較期望值分別降低了 41.33%、46.67%，都呈極顯著下降 ($p < 0.01$)，顯示檳榔果實與石灰混合產生化學反應後，能驅離鼠婦 (圖 12，表 12)，且驅避效果都比單獨的檳榔果實更強烈 ($p < 0.05$) (表 14)。檳榔加上等重量的白灰或紅灰，其驅避效果相近 ($p > 0.05$) (表 14)。

二、市售檳榔嚼塊的驅避效果

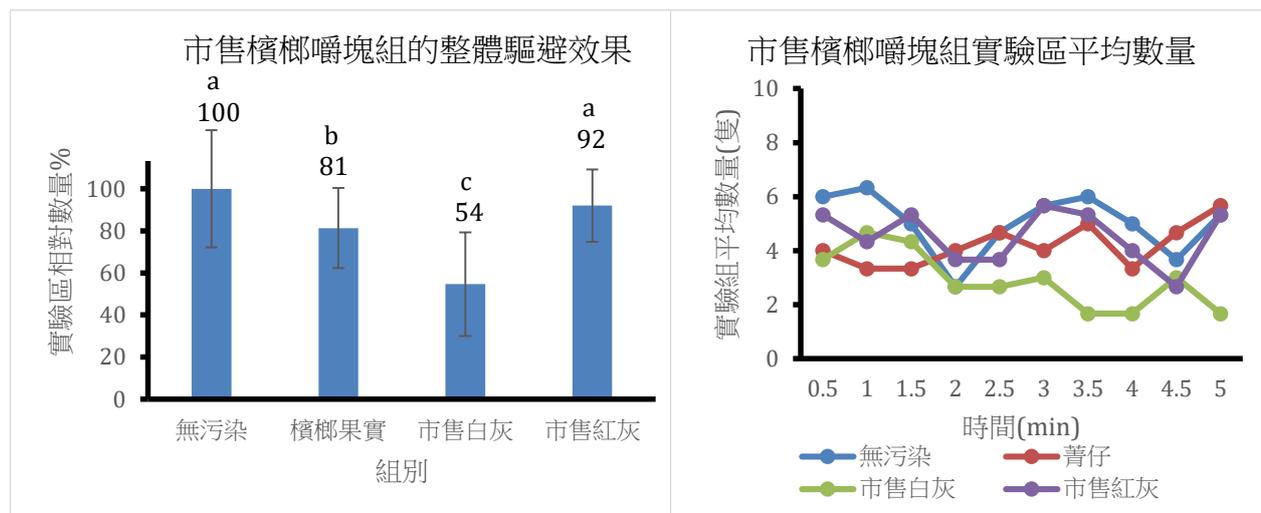


圖 14、市售檳榔嚼塊組對鼠婦的整體驅避效果 圖 15、市售檳榔嚼塊組實驗區五分鐘內平均
期望值百分比=(觀察值/期望值)100%誤差線為 數量
標準差百分比

表 15、市售檳榔嚼塊組整體驅避效果及忌避行為
趨勢之統計分析(無汙染及檳榔果實組參考表 8)

時間(分鐘)	實驗區累計	
	白灰嚼塊	紅灰嚼塊
1	14	13
2	8	11
3	9	17
4	5	12
5	5	16
χ^2	30.8	0.96
p值	<0.0001**	0.327
χ^2t	11.86	4.44
p值	0.0057**	0.0351*

表 16、市售檳榔嚼塊組實驗區 5 分鐘
內平均數量

時間(分鐘)	實驗區平均數量							
	無污染	標準差	檳榔果實	標準差	市售白灰	標準差	市售紅灰	標準差
0.5	6	1.2	4	1	3.7	1.5	5.3	0.6
1	6.3	1.2	3.3	2.9	4.7	1.2	4.3	0.6
1.5	5	0.6	3.3	1.5	4.3	2.1	5.3	0.6
2	2.7	1	4	1	2.7	0.6	3.7	1.2
2.5	4.7	0.6	4.7	2.5	2.7	1.5	3.7	0.6
3	5.7	1	4	1.7	3	2.6	5.7	1.2
3.5	6	1.5	5	2.6	1.7	2.9	5.3	1.2
4	5	1.5	3.3	1.5	1.7	2.9	4	1.7
4.5	3.7	1	4.7	0.6	3	3	2.7	1.2
5	5.3	0.6	5.7	1.5	1.7	1.5	5.3	2.3
平均	5		4.2		2.9		4.5	
標準差	1.1		0.8		1.1		1	

表 17、市售檳榔嚼塊驅避效果比較

	卡方值	p值
菁仔vs檳榔老花紅灰 (市售紅灰嚼塊)	0.869	0.351
菁仔vs.檳榔荖葉白灰 (市售白灰檳榔嚼塊)	5.94	*0.0148
市售紅灰嚼塊vs市售白灰嚼塊	11.25	*0.00079

市售白灰檳榔嚼塊（白灰+荖葉+檳榔）組別中，實驗區五分鐘內鼠婦的平均數量較期望值降低了 45.33%，呈極顯著下降（ $p < 0.01$ ）（圖 14，表 15）；而市售紅灰檳榔嚼塊（紅灰+荖花+檳榔）組別中，實驗區五分鐘內鼠婦的平均數量較期望值只降低了 8%，且未達到顯著差異（ $p > 0.05$ ）整體驅避效果不明顯（圖 14，表 15）。顯示市售白灰檳榔嚼塊能驅離鼠婦，且驅避效果比菁仔（檳榔果實）及市售紅灰檳榔嚼塊更顯著（ $p < 0.05$ ， $p < 0.01$ ）（表 16）。白灰檳榔嚼塊組別中，鼠婦的忌避行為隨時間越來越強烈（ $p < 0.01$ ）；紅灰檳榔嚼塊組別雖然未具有明顯驅避效果，鼠婦的忌避行為卻隨時間越來越明顯（ $p < 0.05$ ）（圖 15，表 15）。

伍、討論

一、討論

探討一：香菸對多霜蠟鼠婦趨避行為的影響

探討 1---1：菸草的驅避效果

鼠婦在 0.5 g、1.0g 及 1.5g 菸草環境下，多半會立即選擇到無菸草的區域，遠離有菸草的區域，部分鼠婦仍會探索有菸草的區域，但隨後又會逃離（圖 2）。其中，1.5g 菸草組鼠婦的探索行為更會隨著時間顯著減少，選擇停留在無菸草區不再探索（圖 2）。這代表丟棄的菸蒂只要累計到含有一支以上香菸的菸草，就足以讓鼠婦離開原本的棲息環境，尋找無污染的区域躲藏。鼠婦在有菸草的區域中，會緊貼著壁緣行走不橫越土壤，會時常表現出在壁緣向上攀爬的行為；而在無菸草區的鼠婦會橫越土壤，也不會出現向上攀爬的行為。根據文獻探討，類尼古丁可改變蚯蚓的運動能力及探索行為（蕭崇德，2024）。本研究則證實含有尼古丁的菸草可顯著引起鼠婦的忌避行為，降低探索的頻率。



圖 16 鼠婦向上攀爬的疑似忌避行為(作者自行拍攝)

探討 1--2：菸灰的驅避效果

本研究證實，一支菸及兩支菸的菸灰對鼠婦的驅避效果與未燃燒的菸草相近（表 7），這代表不論是未燃燒的菸草或燃燒後的菸灰，其所含的化學成分都會在小範圍內對鼠婦產生強烈的驅避效果。

值得注意的是，三支菸的菸灰具有非常強烈的驅避效果，甚至高於未燃燒的菸草。這代表彈落的菸灰或是菸蒂中殘留的菸灰達到 0.75g，就可以把鼠婦幾乎全部趕走（圖 7，表 7）。

已知菸灰內含有較低濃度的尼古丁，卻有高濃度的多環芳香烴（PAHs）及重金屬（WHO, 2018），而重金屬通常不引起急性中毒，而是在食物鏈中傳遞導致生物放大，可以推測引起鼠婦忌避行為的應該是有毒的 PAHs，但香菸中已知的 PAHs 有九種（Yang, 2023），因此需要更多研究來了解哪些物質對鼠婦有驅避效果。

探討 1--3：濾嘴的驅避效果

本研究證實，一支菸的濾嘴即能使鼠婦產生忌避行為（圖 5），根據文獻，濾嘴的材質與添加物對水生生物具有毒性(Slaughter, 2011)，雖未有明確證據證實對陸生節肢動物具有毒性，但至少了解濾嘴的材質不僅難以分解，對鼠婦族群也非常不友善。

探討二：探討檳榔對多霜蠟鼠婦趨避行為的影響

探討 2--1 檳榔嚼塊中成分的驅避效果

本研究證實檳榔果實會引起鼠婦的忌避行為（圖 8），根據文獻回顧，新鮮之檳榔果實含大量檳榔鹼(Arecoline)（Dutta et al., 2018），檳榔鹼具有生物毒性（Soliman et al., 2023）（Zhang et al., 2024），因此可推論檳榔鹼對鼠婦可能具有毒性，因而引發忌避行為。

本研究證實同重量的紅灰或白灰水溶液（pH=11），對鼠婦都同樣有極顯著的驅避效果（圖 10）。檳榔嚼塊所含的白灰或紅灰，其主成分為熟石灰（Ca(OH)₂），會造成土壤 pH 值強烈變動而引起土壤中動物的忌避行為（Spurgeon et al., 2003）。鼠婦類似蚯蚓會對石灰產生忌避行為，遠離 pH 值過高的土壤。

探討 2--2 檳榔嚼塊的驅避效果

本研究證實檳榔與石灰混合液會引起鼠婦的忌避行為（圖 12），驅避效果顯著高於檳榔果實（表 14）。加入白灰及紅灰五分鐘後的檳榔萃取液為強鹼性（pH=11），一小時後因

檳榔鹼部分水解為毒性較低的檳榔酸，故鹼性變弱（量測結果為 pH=9）（Soliman et al., 2023）。我們使用的是檳榔與石灰混合後 5 分鐘的液體，此時含有大量的游離型檳榔鹼及少量檳榔酸，因此仍有非常顯著的驅避效果。

令我們驚訝的是，檳榔嚼塊中不只有檳榔能驅離鼠婦，萆葉及萆花都具有驅避能力（圖 10）。萆葉與萆花所含化學物質不同，氣味也不同。萆葉含許多揮發性精油如丁香酚（Alighiri et al.,2022），萆花則含高劑量黃樟素（Chang,2002）。雖然許多檳榔族為避免吃進致癌物黃樟素而選擇以萆葉包裹的檳榔，但萆葉對鼠婦族群的影響與萆花一樣不友善。根據文獻，萆葉會影響麵包蟲的生殖（彭偉豪，2015）（屏東縣第 63 屆科展），萆葉是否也影響鼠婦的生理狀況及生殖？需要更多的研究來了解。

經實驗結果得知，嚼食檳榔果實（菁仔）後吐出的檳榔汁，即可以驅離鼠婦（圖 8）。而嚼食白灰檳榔（包葉）吐出的檳榔汁，對土壤中的鼠婦最不友善；至於紅灰檳榔的檳榔汁，因石灰及萆花的含量較白灰檳榔少很多，驅離鼠婦的狀況較不明顯（圖 14）。

二、 綜合討論

在實驗試做時，我們也曾經選擇其他種類的鼠婦進行實驗，例如巴普威球鼠婦，但這些鼠婦卻在進入菸灰區後不久即死亡，無法重複進行實驗，惟有多霜蠟鼠婦具有較高的環境耐受性，根據文獻回顧，多霜蠟鼠婦因為無法捲曲成球，因此會以加速逃離之方式遠離危險，而巴普威球鼠婦則是捲曲成球面對危險，可能因為生存策略的不同，使得多霜蠟鼠婦較有能力遠離污染物質提高生存率。

我們也觀察到，鼠婦處於有香菸及檳榔的環境中，行動亦會逐漸遲緩甚至停滯，我們認為香菸及檳榔內的有害物質也可能影響鼠婦的神經系統或感覺器官，造成鼠婦行動力下降。（謝再添，2007）（蕭崇德等，2024）（Alighiri et al.,2022）（Mossi et al.,2014）

本研究已證實菸蒂及檳榔汁會造成土壤中的多霜蠟鼠婦快速逃離污染區。除此之外，菸蒂及檳榔汁也可能使土壤中的其他清除者如蚯蚓、彈尾蟲等出現忌避行為和活動異常，或造成某些動物死亡，如本土種的球鼠婦。這些影響皆會降低物種豐富度及均勻度，使生物多樣性下降，這是需要更多研究來探討的課題。

因此香菸與檳榔嚼塊不僅含有致癌物，對人類有健康危害，更對生態有害。本研究還有許多謎團尚未解開，未來我們還可以延伸探究的方面包括：

- (一) 單一化學物質的影響：進一步探究尼古丁、多環芳香烴、檳榔鹼、醋酸纖維、丁香酚及黃樟素等物質對鼠婦的影響。包括忌避行為、行動速度、生存率及生殖率等。
- (二) 生態影響研究：探討香菸或檳榔之成分對其他土壤中清除者的影響，如蚯蚓與彈尾蟲，以評估其對整體土壤生態的影響。
- (三) 污染控制與環境修復：研究如何減少菸灰、菸蒂、檳榔汁及檳榔渣對環境的污染，例如利用微生物降解技術或替代性材料來降低其生態毒性。
- (四) 環境教育與政策應用：將本研究結果應用於環境教育，提升大眾對於隨意丟棄菸蒂與亂吐檳榔汁及檳榔渣可能帶來生態危害的認識，並推動更嚴格的環境管理政策。

陸、結論

本研究結果顯示：

- 一、 一支菸以上所含的菸草、菸灰及濾嘴皆會對小範圍（約 218cm²）的鼠婦產生強烈的驅避效果。顯示菸蒂內的所有物質都會對鼠婦產生行為上的負面影響，進而可能影響土壤的生態平衡。
- 二、 檳榔果實會對小範圍（約 218cm²）的鼠婦產生驅避效果，而萁葉、萁花、白灰、紅灰及市售白灰檳榔嚼塊則有強烈的驅避效果，惟市售紅灰檳榔嚼塊沒有明顯驅避效果。顯示不管是嚼食菁仔或白灰檳榔嚼塊，都會對鼠婦產生行為上的負面影響，進而可能影響土壤的生態平衡。
- 三、 成分對人類無害的萁葉對鼠婦具有明顯的驅離效果，有應用在防治農業害蟲的潛力。
本研究證實，人類隨意丟棄菸蒂、菸灰、檳榔汁及檳榔渣的行為不僅會污染環境，也可能對生態系統中的小型生物產生深遠影響，影響生態系元素循環與能量流轉。因此，希望透過環保政策、環境教育及污染控制措施，減少這些污染物對生態環境的潛在影響，進而維護生態系統的穩定性與永續性。

柒、參考文獻資料

- 方誌鈞、許韶恩、黃名禎 (2022)。多霜蠟鼠婦、光滑鼠婦的交替性轉向反應行為探討。江宏惟、黃錦鴻指導。第 62 屆中小學科學展覽會作品說明書。國中組生物科。國立臺灣科學教育館。
- 宋齊芸、廖曉菁、陳儀靜 (2018)。陸生三葉蟲？～二種潮蟲環境適應及生存策略探討。蔡瑞琴指導。第 58 屆中小學科學展覽會作品說明書，國中組生物科。國立臺灣科學教育館。
- 李政諦, & 郭世杰. (2009). 台中縣常見土壤大型無脊椎動物 (非昆蟲類). 台中縣政府。
- 李坤瑄. (2019). 虱虱不只有兩種－臺灣奇特的等足類動物. 博學多文。
- 林珮君、蔡佳珊、鄭傑憶。(2020)。黯然傳統紅白灰。上下游。
- 陳美如. (2011). 台灣陸生等足目鼠婦科、氣肢蟲科、緣潮蟲科之分類研究 (碩士論文). 國立新竹教育大學。
- 彭偉豪. (2015). 檳榔鹼對小鼠味蕾和斑馬魚胚胎體節的影響 (博士論文). 國立台灣大學。
- 謝再添. (2007). 新類尼古丁殺蟲劑殺蟲藥理作用與尼古丁－乙醯膽鹼接受器之關係. 藥毒所專題報導.
- 台灣生物多樣性網路. [網站名稱]. [網站網址]
- 環境資訊中心. 民族植物隨筆. <https://e-info.org.tw/>
- 世界衛生組織. (2018). 煙草及其對環境影響：概述.
- 屏東縣科學展覽會. (2017). 檳榔對麵包蟲生長發育的影響 (第 63 屆屏東縣科展國中組報告)。
- 雲林縣衛生局. 檳榔問答集. https://ylshb.yunlin.gov.tw/News_Content.aspx?n=4929&s=296508
- 政府化驗所. 焦油及尼古丁報告.
- 科技大觀園. (2014). 類尼古丁毒藥毒死蜜蜂. 科技大觀園.
- 國健署健康九九. (2015). 植物會透過污染的土壤及菸霧吸收尼古丁. 健康九九.
- 環境資訊中心. (2016). 每年五兆根菸屁股亂丟，重金屬恐進入食物鏈. 環境資訊中心.
- 環境資訊中心. (2019). 研究證實：菸蒂進入土壤有礙植物生長. 環境資訊中心. [https://e-](https://e-info.org.tw/)
- 有機農業全球資訊網. (2020). 讓蟲蟲吸菸致命率達 99%. 有機農業全球資訊網.
- people 公民新聞. (2022). 燃燒紙菸所帶來的危害. people 公民新聞.
- 農業主題館. (2024). 紅唇族的最愛：檳榔. <https://kmweb.moa.gov.tw/subject/subject.php?id=21156>
- Acarer Arat S. (2024). *A review on cigarette butts: Environmental abundance, characterization, and toxic pollutants released into water from cigarette butts. Science of the Total Environment, 928, 172327.*
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172327>

Alighiri D., Cahyono E., Eden W. T., Kusuma, E., & Supardi, K. I. (2022). Study on the improvement of essential oil quality and its repellent activity of betel leaves oil (*Piper betle* L.) from Indonesia. *Oriental Journal of Chemistry*, 38(6). <https://doi.org/10.13005/ojc/380607>

Chang, M. J. W., Ko, C. Y., Lin, R. F., & Hsieh, L. L. (2002). Biological monitoring of environment exposure to safrole and the Taiwanese betel quid chewing. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 43(4), 432 – 437.

Chung-Der, H., et al. (2024). Toxicity evaluation of neonicotinoids to earthworm (*Eisenia fetida*) behaviors by a novel locomotion tracking assay. *Environmental Pollution*, 351.

Dobaradaran S., Telgheder, U., De-la-Torre G. E., Rockel, S. P., Mutke X. A. M., & Schmidt T. C. (2024). Elucidating nicotine transfer into water environments via cigarette butt remaining parts. *Environmental Pollution*, 341, 122943. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122943>

Dutta, S., Sahu, P., & Ganguly, S. (2018). Estimation of arecoline content of various forms of areca nut preparations by high-pressure thin-layer chromatography. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 36(3), 265 – 268.

Gupta, P. C., & Warnakulasuriya, S. (2002). Global epidemiology of areca nut usage. *Addiction Biology*, 7(1), 77 – 83.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (2004). Betel-quid and areca-nut chewing and some areca-nut-derived nitrosamines (Vol. 85). International Agency for Research on Cancer. <https://publications.iarc.fr/94>

Selmar D., Radwan A., Abdalla N., Tah H., Wittke C., El-Henawy A., Alshaal T., Amer M., Kleinwächter M., Nowak M., & El-Ramady H. (2018). Uptake of nicotine from discarded cigarette butts – A so far unconsidered path of contamination of plant-derived commodities. *Environmental Pollution*, 238, 972 – 976. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.092>

Mossi, A. J., Zanella, C. A., Kubiak, G., Lerin, L. A., Cansian, R. L., Frandoloso, F. S., Prá, V. D., Mazutti, M. A., Costa, J. A. V., & Treichel, H. (2013). Essential oil of *Ocotea odorifera*: An alternative against *Sitophilus zeamais*. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 29(2), 161 – 166. <https://doi.org/10.1017/S1742170513000081>

Ren, X., & Xi, Z. (2017). Determination of heavy metals in cigarettes using high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Analytical Methods*, 9(21), 3173 – 3180. <https://doi.org/10.1039/C7AY00930E>

Silva, G. N., Oliveira, J. V., Silva, A. C., Batista, B. L., & Fernandes, J. B. (2021). Essential oil of *Ocotea odorifera*: An alternative against *Sitophilus zeamais*. *Industrial Crops and Products*, 167, 113544. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113544>

Slaughter, E., Gersberg, R. M., Watanabe, K., Rudolph, J., Stransky, C., & Novotny, T. E. (2011). Toxicity of cigarette butts, and their chemical components, to marine and freshwater fish. *Tobacco Control*, 20(Suppl 1), i23 – i27.

Soliman, M. M., El-Kott, A. F., & Dkhil, M. A. (2023). Arecoline and areca nut: Chemistry, toxicity, and role in carcinogenesis. *Journal of Advanced Medical and Pharmaceutical Research*, 8(2), 134 – 144.

Truth Initiative. (2022, July 12). Tobacco and the environment.

Tsugoshi, K., Kawai, J., Fukushi, K., & Kimura, H. (2020). Determination of heavy metals in cigarettes using high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Microchemical Journal*, 158, 105154. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105154>

World Health Organization. (2022, May 31). WHO raises alarm on tobacco industry environmental impact. World Health Organization.

Yang, S., Gu, C., Jiao, Y., & Yang, Q. (2023). Research on the presence of cigarette butts and their leaching of chemical pollutants and microparticles: the case of Dalian, China. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1277402.

Yan, W., Zhang, T., Li, S., Wang, Y., Zhu, L., Cao, Y., Lai, X., & Huang, H. (2023). Oxidative stress and endoplasmic reticulum stress contributes to arecoline and its secondary metabolites-induced dyskinesia in zebrafish embryos. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(7), 6327.

Zhang, Y., Wang, Y., Li, X., Chen, H., & Liu, Z. (2024). Transcriptome analysis reveals the molecular mechanism of arecoline-induced toxicity in *Spodoptera litura*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 195, 105360.

【評語】 030317

1. 以校園常見的鼠婦為對象，連結台灣常見的環境污染源—香菸與檳榔廢棄物，具備明確的在地議題意識與環保價值。
2. 文獻內容不僅整理尼古丁、焦油、PAHs、重金屬等影響，還涵蓋檳榔、石灰、萆葉、萆花的化學成分與對環境的潛在危害，具備科學研究的深度與廣度。
3. 真實環境中混合污染物更複雜，建議未來加入「現地污染樣本」作對照比較，更得以彰顯此研究的實質應用性。
4. 目前設計為5分鐘短期行為觀察，無法推論長期接觸後的行為改變或族群變化。建議也可以再深入討論這些物質對鼠婦生理（如生存率、繁殖率、器官損傷）等影響評估。
5. 實驗材料的處理應要標準化，現階段檳榔處理方式為「將檳榔切碎、打泥」，香菸處理則為「拆解煙草並以剪刀剪碎」，但未說明是否以等量的乾重或體積進行對比。對於不同組別處理模式以及測試物於實驗中的均勻度或揮發性等等皆可再深入的實驗考量。
6. 雖有提到「以多隻鼠婦重複實驗」，未明確列出每個實驗組的總樣本數、重複次數、是否同一隻個體參與多次實驗。若樣本數過低或重複測試未經個體隨機化，則結果可能受單一個體行為偏差影響。

7. 未來可以測試有無物質可以逆轉鼠婦對於已汙染土地之趨避效應，可做為淨化土地試劑的測試法。

作品海報



香菸、檳榔對



鼠婦趨避行為的影響



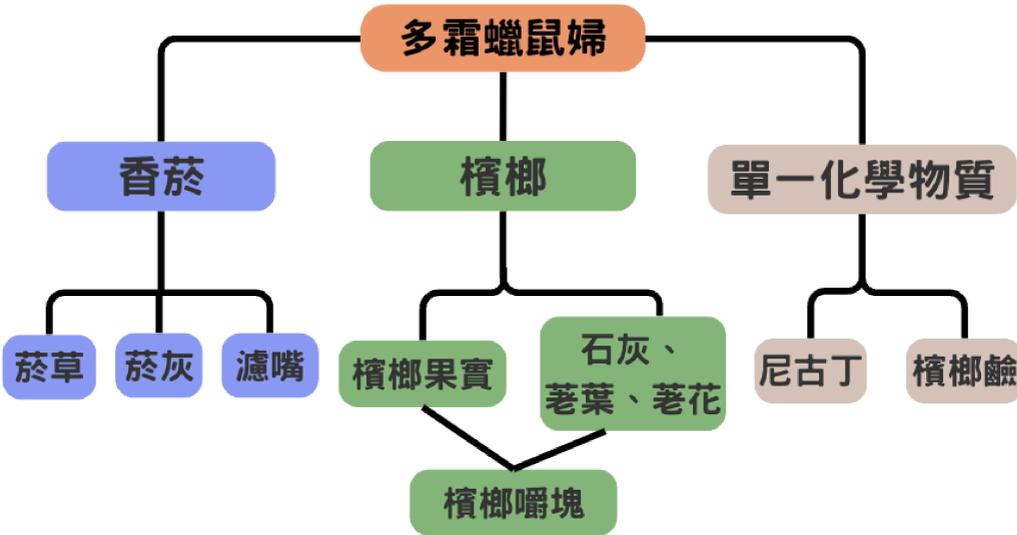
壹、動機

香菸與檳榔含有有害化學物質，不僅危害人體，亦可能透過雨水滲入土壤，影響土壤生物與生態系。研究選擇校園中常見的多霜蠟鼠婦，觀察其是否對有害物質產生忌避行為，藉此探討香菸與檳榔對土壤生態的潛在衝擊。

貳、研究目的

1. 探討香菸對多霜蠟鼠婦趨避行為的影響
2. 探討檳榔對多霜蠟鼠婦趨避行為的影響
3. 探討單一化學物質對鼠婦的驅避效果

參、研究架構



雨水浸濕的菸蒂



植被區的檳榔渣



多霜蠟鼠婦



土壤區的檳榔汁

照片來源：作者拍攝

肆、文獻回顧

香菸

由菸草、捲菸紙及濾嘴組成，含多種有害物質。

菸草：每支含1mg以下**尼古丁**->有致癌性、成癮性，影響中樞神經，對昆蟲具毒性，可能導致癱瘓或死亡。

菸灰：含揮發性有機化合物(VOCs)及**菸焦油**->黏稠，含多環芳香烴與重金屬，具致癌性。

濾嘴：含醋酸纖維->難以分解。

鼠婦

陸生甲殼類，食枯葉為清除者。球鼠婦科能蜷曲成球狀防禦，鼠婦科則以快速逃跑應對威脅，如**多霜蠟鼠婦**。

檳榔

檳榔果實：含多種生物鹼，如檳榔鹼，含單寧酸。

檳榔鹼：具有生物毒性、致癌性，可興奮中樞神經，具成癮性與致癌性，影響昆蟲神經可能致死。

石灰：強鹼性，改變土壤pH值，影響生態。

荖葉：具抗菌、抗真菌及驅蟲特性，增添辛香味。

荖花：含致癌黃樟素，對節肢動物具有毒性，迅速殺滅及驅離。

名稱			
白灰檳榔	紅灰檳榔	菁仔	
組成	新鮮檳榔果實、石灰、荖葉	新鮮檳榔果實、紅灰、荖花	新鮮檳榔果實
做法	將石灰塗抹在荖葉上，包裹檳榔果	將檳榔果從中剖開，在剖面上塗上紅灰，再夾一塊荖花	直接嚼食檳榔果實
吐檳榔汁原因	認為檳榔性寒，第一口汁含大量檳榔鹼，吞入過多會造成腹瀉。	1.認為檳榔經過漂白有礙健康，故需要吐出第一口汁。 2.避免吞入過多檳榔鹼造成腹瀉。	避免吞入過多檳榔鹼造成腹瀉。

照片來源：作者拍攝

伍、實驗設計及步驟

1

以半透明盒子作為實驗空間。底部鋪設一張白紙，中央畫一條線，將盒子等分為左右兩側。



照片來源：作者拍攝

2

探討1&2:左右兩側各鋪15g的底材，加入5ml的萃取液或水。

探討3:紙巾摺疊，平鋪在底部，加入5ml化學物質或水。一側區為實驗區，一側為對照區。



照片來源：作者拍攝

3

將 10 隻鼠婦同時放置在中線上。



照片來源：作者拍攝

4

計時 5 分鐘，每 15 秒記錄一次兩側的鼠婦數量，共記錄 20 次數據，重複以上步驟三次。



照片來源：作者拍攝

5 統計並分析數據

1. 計算：累計值、平均值及標準差。
2. 卡方分析：污染物對鼠婦是否有整體的驅避效果。
3. 趨勢卡方分析：鼠婦的忌避行為是否隨時間增強。
4. 趨勢卡方分析：比較不同濃度或種類的污染物之驅避效果。

陸、研究結果

探討 1-1: 菸草的驅避效果

- 菸草0.25g (半支菸) 以上顯著驅避 (↓ 31-60%, $p < 0.01$)。
- 濃度越高, 驅避效果上升↑ ($p < 0.01$)
- 0.25g、1.5g組的忌避行為隨時間增強 ($p < 0.01$)

探討 1-2: 菸灰的驅避效果

- 0.125g菸灰(半支菸)以上顯著驅避 (↓ 27-79%, $p < 0.01$)。
- 濃度越高, 驅避效果上升↑ ($p < 0.01$)
- 0.125g、0.25g組的忌避行為隨時間增強 ($p < 0.05, 0.01$)

探討 1-3: 濾嘴的驅避效果

- 一支菸的濾嘴即可顯著驅避 (↓ 21%, $p < 0.01$), 但不隨時間增強 ($p > 0.05$)。

我們發現:

- 二支菸以下, 菸草與菸灰驅避效果相當 ($p > 0.05$)。
- 三支菸的菸灰驅避效果高於菸草 ($p < 0.05$)。

探討 2-1 檳榔嚼塊中成分的驅避效果

- 白灰、紅灰、荖葉、荖花皆能顯著驅避 (↓ 39%, 58%, 48%, 54%, $p < 0.01$)。
- 白灰及紅灰組的忌避行為隨時間增強 ($p < 0.05, 0.01$)。

探討 2-2 檳榔嚼塊的驅避效果

- 檳榔與石灰混合液 ($pH = 11$)的驅避效果顯著高於檳榔果實 ($p < 0.01$)。
- 檳榔混合石灰組的忌避行為隨時間增強不顯著 ($p > 0.05$)
- 市售白灰檳榔及菁仔皆能顯著驅避 ($p < 0.01, 0.05$), 市售紅灰則不顯著 ($p > 0.05$)。
- 市售白灰的驅避效果顯著大於菁仔及紅灰 ($p < 0.01$), 忌避行為隨時間增強 ($p < 0.01$)。

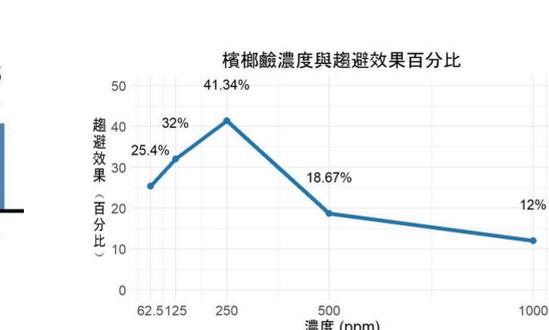
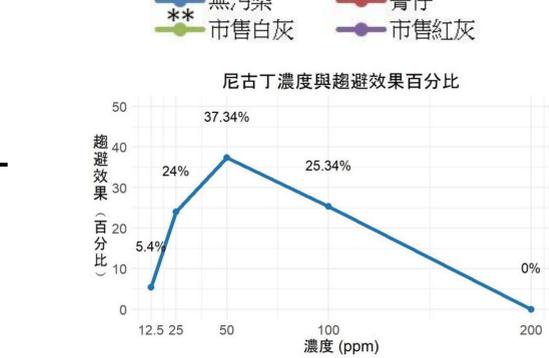
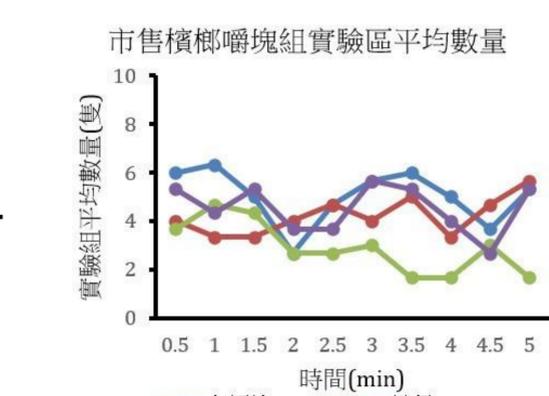
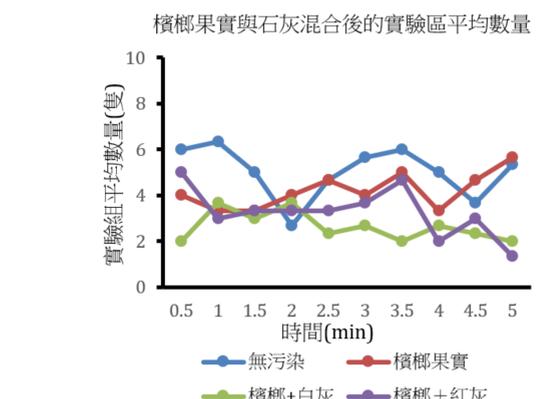
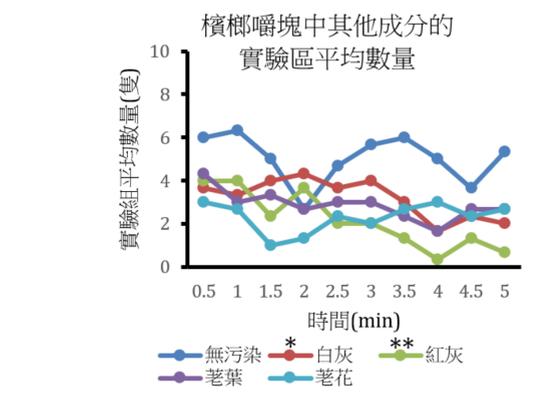
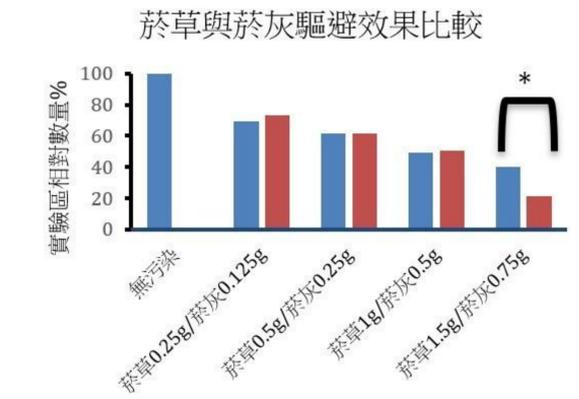
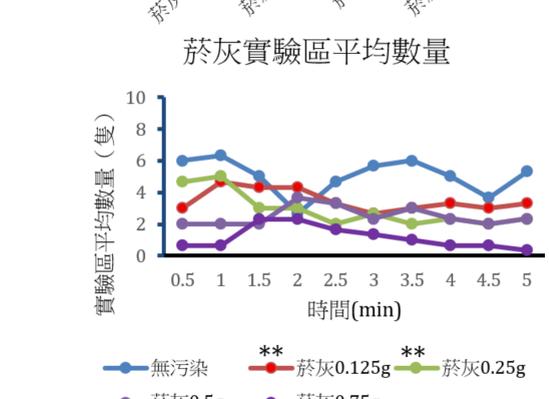
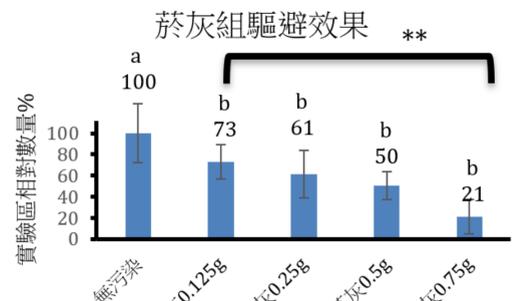
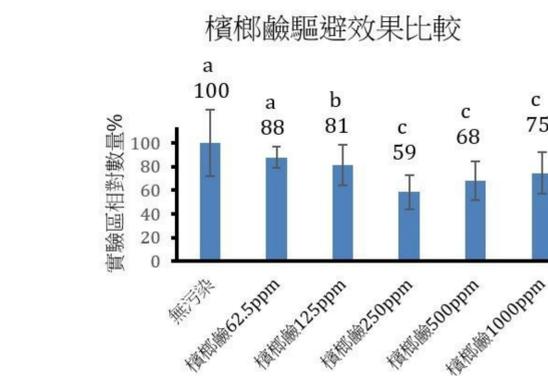
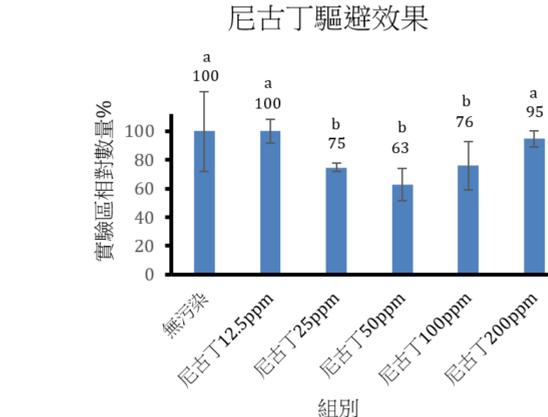
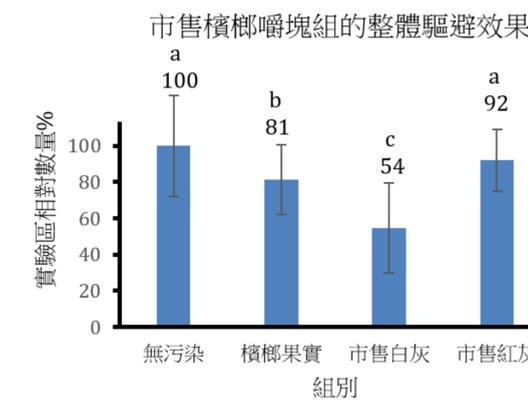
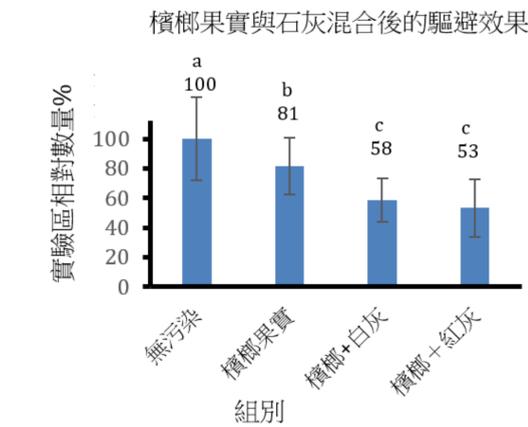
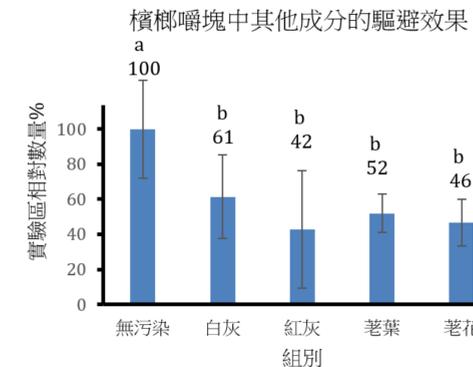
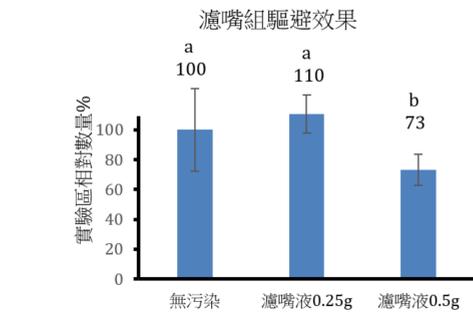
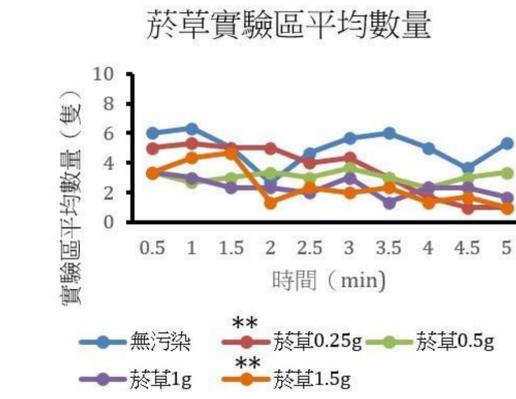
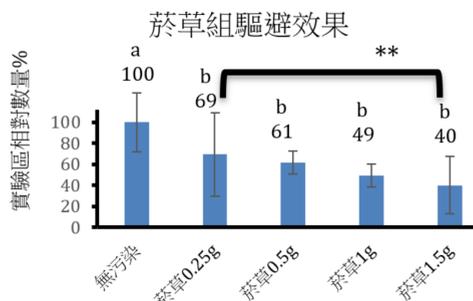
探討 3-1: 尼古丁 (Nicotine) 驅避效果

- 25-100ppm 顯著驅避 (↓ 25-38%, $p < 0.01$)
- 12.5 & 200ppm 無效 ($p > 0.05$)
- 呈現典型非單一劑量反應(NMDR), 中濃度尼古丁驅避力最強。

探討 3-2: 檳榔鹼 (Arecoline) 驅避效果

- 125-1000ppm 顯著驅避 (↓ 18.7-41.3%)
- 62.5ppm 無效 ($p > 0.05$)
- 呈現類似非單一劑量反應(NMDR), 但需要更多驗證。

圖片來源: 作者製作

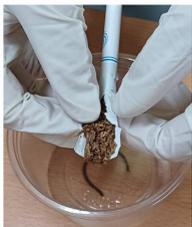


探討一：香菸對鼠婦趨避行為的影響

探討 1—1：菸草的驅避效果

探討 1—2：菸灰的驅避效果

探討 1—3：濾嘴液的驅避效果 照片來源：作者拍攝



菸草製備



菸灰製備



濾嘴製備



菸草混合土



菸灰混合土



濾嘴液

探討二：檳榔對鼠婦趨避行為的影響

萃取液製備：將材料剪碎，用果汁機打碎，雙層紗布過濾，取5ml萃取液，混入土中進行觀察

探討 2—1：檳榔嚼塊中各成分之驅避效果

探討 2—2：檳榔嚼塊的驅避效果



萆葉



萆花



白灰



紅灰



萆葉濾液



萆花濾液



果汁機製備



紅灰濾液

照片來源：作者拍攝

探討三：單一化學物質對鼠婦的驅避效果

準備：把化學物質以蒸餾水稀釋至特定濃度，將紙層浸潤。

探討 3—1：尼古丁 (Nicotine) 的驅避效果

探討 3—2：檳榔鹼 (Arecoline) 的驅避效果

柒、討論

鼠婦在五分鐘內的行為模式：

1. 初期選擇

第1分鐘內
鼠婦對高濃度污染物會立即忌避，低濃度反應不明顯。

2. 探索

第2-3分鐘
鼠婦多沿盒邊行走，少數橫越。
進入污染區出現行為：
1. 行走加快
2. 減少橫越
3. 攀爬
4. 交疊行走
5. 過中線時掉頭回轉

3. 停留

第4-5分鐘
鼠婦多停留在角落不再活動
可清楚觀察實驗區與對照區數量差異

一、半支菸以上的菸草及菸灰、一支菸的濾嘴，皆有顯著驅避效果。濃度越高，驅離效果越強，三支菸的菸草及菸灰幾乎驅走所有鼠婦，且菸灰效果高於菸草。顯示香菸廢棄物對鼠婦棲息環境具嚴重干擾性。菸草含尼古丁，菸灰含多環芳香烴(PAHs)與重金屬，都可能是鼠婦產生忌避行為的原因。濾嘴的驅離效果雖較菸草、菸灰弱，但難以分解是最大污染問題。

二、檳榔果實、萆葉與萆花皆會造成鼠婦明顯忌避，白灰、紅灰也因導致強鹼土壤驅離鼠婦。檳榔白灰混合液與市售白灰檳榔驅避能力都很強，效果明顯高於市售紅灰檳榔，顯示檳榔嚼塊中石灰、萆葉及萆花等添加物的含量多寡對驅避效果影響很大。

三、菸草主成分尼古丁與檳榔主成分檳榔鹼在特定濃度下能驅離鼠婦，在中等濃度（尼古丁25-100ppm、檳榔鹼125-1000ppm）產生明顯忌避行為，但在較低濃度及較高濃度卻沒有明顯忌避反應，呈現**非單一劑量反應 (NMDR)**。推測高濃度尼古丁及檳榔鹼可能因過度刺激而抑制鼠婦中樞神經系統，或因毒性導致鼠婦無法逃避。

捌、結論

1. 香菸相關物質（菸草、菸灰、濾嘴）

- ➡ 半支菸以上之菸草、菸灰對鼠婦具有強烈驅避效果，一支菸濾嘴具有驅避效果。
- ➡ 濃度越高，效果越明顯。

2. 檳榔及其添加物

- ➡ 檳榔果實、萆葉、萆花、白灰、紅灰皆有驅避效果。
- ➡ 市售檳榔嚼塊的檳榔汁及殘渣皆有驅避效果，衝擊土壤生態，程度與添加物的量有關。

3. 萆葉具防治潛力

- ➡ 雖對人無害，但對鼠婦具明顯驅離效果，有潛力應用於農業害蟲防治。

4. 尼古丁水溶液 ➡ 25 - 100 ppm 有效驅避，200 ppm 以上可能抑制驅避反應。

5. 檳榔鹼水溶液 ➡ 125 - 1000 ppm 顯著驅避，超過 1000 ppm 的效果仍需進一步研究。

6. 鼠婦可做為土壤汙染之生物指標。

7. 香菸與檳榔含多種對環境與生物不友善的物質，隨意丟棄菸蒂、檳榔汁、檳榔渣對土壤環境生態構成威脅，應強化教育與政策管制，減少投棄量，推動替代性材料及環境修復技術。