

2025年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

□國中組 ■普高組 □技高組 成果報告格式

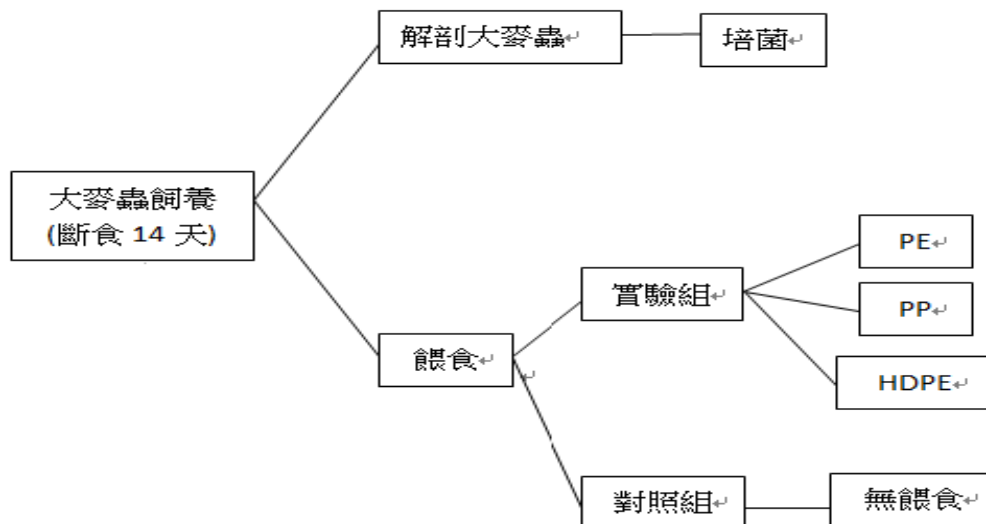
題目名稱：大麥蟲腸道菌研究及其對塑膠分解相關性研究
一、摘要
本研究以大麥蟲 (<i>Zophobas morio</i>) 為實驗對象，探討其腸道菌對塑膠材料的分解潛力。實驗首先對大麥蟲的消化道進行解剖，分析其消化及排泄系統結構；接著設計養殖環境，使用玻璃容器避免塑膠材質造成干擾。大麥蟲經斷食10天後，分別餵食不同常見塑膠材料 (例 PS泡綿)，並記錄其體重變化及塑膠消耗情形。此外，研究過程中運用顯微鏡觀察其腸道微生物菌落，輔以培養基測試塑膠分解效果。實驗結果顯示，大麥蟲腸道中的特定微生物可能參與塑膠的降解，提供了塑膠污染治理的新方向。
二、探究題目與動機
塑膠污染已成為全球環境面臨的重要挑戰。塑膠製品因價格低廉、用途廣泛且取得容易，早已深入日常生活。然而，塑膠的難分解特性導致大量廢棄物堆積在陸地與海洋中，嚴重影響生態系統的平衡。這些廢棄物不僅危害野生動植物，還可能以微塑膠的形式進入食物鏈，對人類及其他生物的健康構成威脅。目前，常見的塑膠垃圾包括高密度聚乙烯 (HDPE) 塑膠袋、聚苯乙烯 (PS) 泡棉和聚丙烯 (PP) 吸管。由於這些塑膠極難被自然降解，因此尋找生物降解的可能性成為環保研究的重要方向。近年來，有研究發現某些昆蟲，如大麥蟲 (<i>Zophobas morio</i>)，能夠在其腸道共生菌的幫助下分解部分塑膠。這一發現提供了一種潛在的生物降解方法，有望減少塑膠污染對環境的影響。因此，本研究將探討如何加速大麥蟲腸道共生菌對PP、PS和HDPE等常見塑膠的降解。
三、探究目的與假設
(一) 研究目的 1、大麥蟲不同取食條件下的變化 2、了解大麥蟲腸道共生菌對分解塑膠的可能性 3、了解大麥蟲腸道共生菌並建立菌株 (二) 變因與假設 控制變因：溫度、濕度、使用瓶罐、斷食天數、每罐大麥蟲數量、餵食塑膠的量 操作變因：食用塑膠種類

應變變因：

- 1.生長情況(存活/死亡)
- 2.重量測量

四、探究方法與驗證步驟

(一)實驗架構表



(二)使用材料及器具

1.實驗動物:大麥蟲

大麥蟲 (學名: *Zophobas morio*) , 又名超級麥皮蟲、超級麵包蟲, 其幼蟲是一種常見的爬行動物、鳥類和魚類的飼料。大麥蟲幼蟲體長在50—60公釐之間, 有六對足和一對退化的腹足, 飼養箱中集中飼養的、有足夠食物的大麥蟲不會化蛹, 想要其化蛹則必須要將其與同類隔離七至十日。

它與黃粉蟲 (又稱麥皮蟲) 類似, 但比黃粉蟲長2至3倍, 故得名「超級麥皮蟲」。此外其營養價值也超過黃粉蟲。

2.飼養器具

白麩皮、高密度聚乙烯 (HDPE)、薄膜、聚乙烯 (PS) 泡綿、聚丙烯 (PP) 片、玻璃瓶、紗布、棉線

3.研究器具&藥品

器具:無菌操作臺、培養箱、接種環、酒精燈、培養皿、燒杯、大同電鍋、複式顯微鏡、95%酒精、量筒、蒸餾水、保溫箱

藥品:

Nutrient Aga: 蛋白胨 (peptone) 5克/公升、牛肉抽出物 (beef extract) 3克/公升、洋菜 (agar) 15

克/公斤、食鹽水

(三)材料的處理及選用

1.塑膠:PP(聚丙烯),選擇吸管作為餌料,除方便取得之外,許多塑膠餐盒皆以PP製成,將吸管對半剪後再剪成小段,以免大麥蟲卡在吸管中;PS(聚苯乙烯),以電子產品常見的防撞墊材,剪成小塊,除方便食用外也讓大麥蟲方便活動;HDPE(高密度聚乙烯),最常見的就是每天都能看到的塑膠袋,於是我們選用塑膠袋作為實驗材料,並將其剪成片狀。

2.飼養器材:選用玻璃罐做為飼養器材,以免使用塑膠容器影響實驗結果。

(四)實驗步驟

一、飼養過程

1.將從寵物店買的大麥蟲餵食白麩皮餵食飼養一星期,以免在斷食期間產生互食的情況

2.瓶子先以75%酒精擦拭,乾了之後再將大麥蟲以每罐30隻放入玻璃罐飼養(圖1),再以紗布和棉線把瓶口封住

3.放入恆溫箱,以溫度25度、濕度25%斷食兩個星期,且期間大麥蟲無互食,一星期清一次大便

4.斷食結束後放入塑膠,每罐放入5克塑膠飼養,對照組繼續斷食不放任何東西

二、大麥蟲解剖

1.將食用塑膠14天的大麥蟲浸入水中淹死,再泡入酒精消毒,以蒸餾水沖洗兩次

2.在培養皿加入適量0.9%生理食鹽水,用解剖刀將大麥蟲去頭去尾,再使用解剖剪刀將體壁剪開,鑷子夾住腸道完整拉出(圖2)。

三、腸道菌培養

1.取大麥蟲中腸(圖3),搗碎腸道組織,組織液體1毫升加4毫升水稀釋,以此類推稀釋4次

2.每組做4個菌盤,其中2個用鋁箔紙包起來,無光無氧25度培養;另外兩個無光有氧25度培養。



圖1:大麥蟲飼養

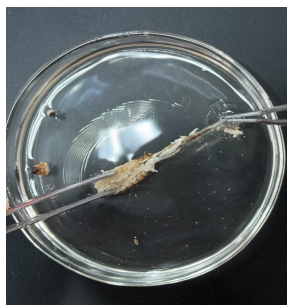


圖2:大麥蟲解剖

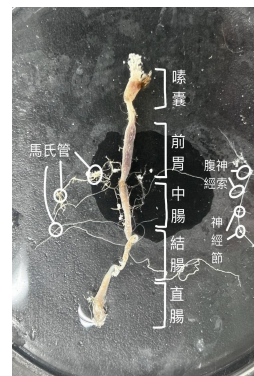


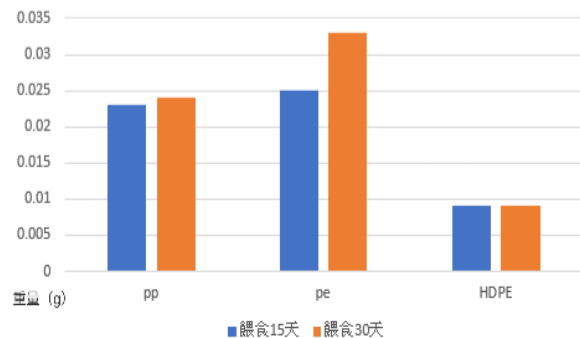
圖3:大麥蟲腸道構造

(五)實驗結果

1.實驗一:不同取食條件下的變化 在飼養大麥蟲時,我們飼養了兩次。第一次飼養時沒有先

餵養就直接開始斷食，發生瓶內的大麥蟲死亡(圖11)，產生互食的情況發生，除了互食情況，瓶口以蓋子遮住並無密封，我們推測因空氣不流通，導致大麥蟲集體死亡；第二次飼養我們除了先以白麩皮餵養一週，且將瓶口以紗布封起，放入恆溫箱25度恆溫飼養。

2.實驗二:使用塑膠的可能性 右圖為大麥蟲體重變化的圖表，可以看到該體重變化曲線極度相似、呈正相關。我們讓大麥蟲斷食兩周前14，從圖表1可以看到體重急遽下降，開始餵食塑膠後還是有些微下降，但之後體重皆開始上升。而對照組可能是因為一直沒有攝取任何東西，在解剖之前就全數死亡。



(圖表1)

3.實驗二:塑膠的食用狀況 下圖為各塑膠食用 狀況，皆可以從圖1~圖9中看到有明顯食用痕跡，雖然看起來有食用，但為確保真的有食用至腸道中，我們也有裝大麥蟲腸道解剖(圖10)，再以複式顯微鏡取中腸進行腸道觀察，圖中可看到一塊塊的碎片，可以從斷食時到此時塑膠的食用，推論此為塑膠微粒。

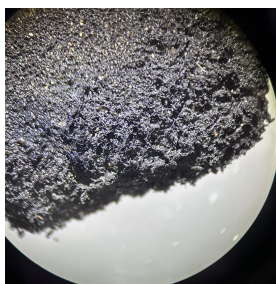


圖4:經食用PE泡棉

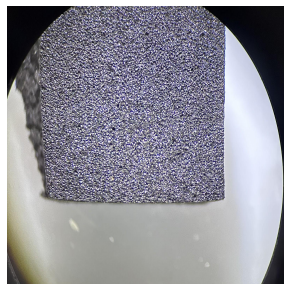


圖5:完整PE泡棉

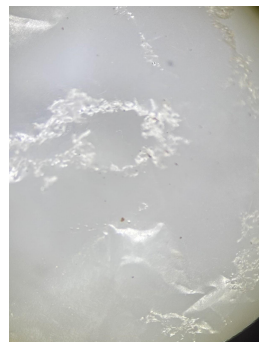


圖6:經食用HDPE泡棉

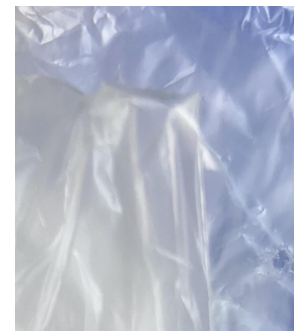


圖7:完整HDPE泡棉

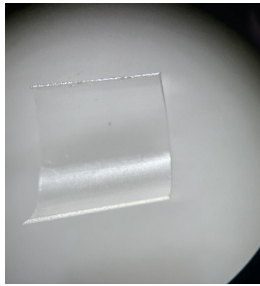


圖8:經食用PP泡棉

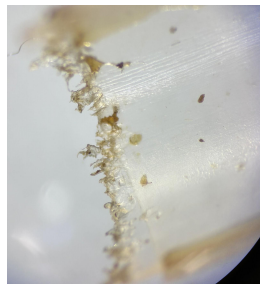


圖9:完整PP泡棉

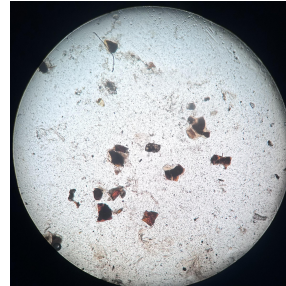


圖10:大麥蟲腸道觀察



圖11:死亡的大麥蟲

4.實驗三:建立菌株

我們推測，大麥蟲腸道內可能存在如腸桿菌科 (*Enterobacteriaceae*)、假單胞菌科 (*Pseudomonadaceae*) 等細菌，這些菌群在其他昆蟲體內已被證實與塑膠或有機高分子物質的分解有關。(圖12~圖14)



圖12:PE菌盤(上圖標示錯誤)

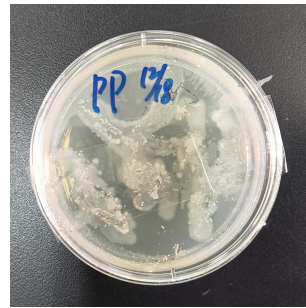


圖13:PP菌盤

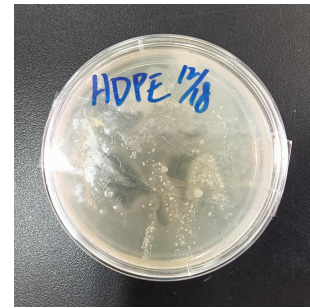


圖14:HDPE菌盤

(六) 論證

1. 大麥蟲能消耗塑膠的證據

根據實驗結果，經過斷食後餵食塑膠的大麥蟲體重減少較少，而對照組(無餵食)則在幾日內死亡，證明塑膠可部分支撐大麥蟲的生存。此外，腸道顯微觀察中可以清楚看見塑膠微粒，進一步證明大麥蟲能將塑膠進食並移動至消化系統。

2. 腸道共生菌可能參與塑膠降解

塑膠為高分子聚合物，自身難以被一般動物消化。實驗中分離培養的大麥蟲腸道菌群，在無氧、有氧條件下均可生長，推測這些菌株可能具備特殊酵素，能夠協助分解塑膠材料。

此現象呼應文獻中關於昆蟲腸道微生物在外源性物質分解上的報導 (Holthof et al., 2019)。

3. 可能涉及的菌種與菌科

根據其他研究(如 Shaji George et al., 2022)指出，與塑膠降解相關的常見腸道菌包括腸桿菌科 (*Enterobacteriaceae*)、假單胞菌科 (*Pseudomonadaceae*) 等，這些菌種常見於昆蟲腸道，具

有代謝多種碳源的能力。本研究尚未進行基因定序鑑定，但推測大麥蟲腸道中可能也存在類似的菌種參與塑膠分解。
五、結論與生活應用
(一) 結論 初步可看出大麥蟲能利用塑膠 (PP、PS、HDPE) 為食，並在進食後維持體重甚至重量增加，顯示其具備部分分解以及利用塑膠的能力。腸道解剖與菌落培養結果，進一步支持大麥蟲體內存在能夠協助分解塑膠的共生菌。此外，塑膠表面出現明顯咬食痕跡，且腸道內觀察到塑膠微粒，證明塑膠已進入大麥蟲消化系統並被初步處理。 整體而言，大麥蟲與其腸道共生菌展現出潛在的塑膠生物降解能力，為未來塑膠污染治理提供了新的可能方向。若能進一步篩選出具有高效降解能力的菌種，或改善大麥蟲飼養及塑膠預處理條件，將有助於提升降解效率，推動生物處理解決塑膠廢棄物的應用研究。 (二) 未來展望 1. 腸道菌群鑑定與功能解析 透過基因測序技術 (如16S rRNA分析) 精確鑑定大麥蟲腸道中的菌群組成，並結合代謝組學分析，探討特定菌株在塑膠降解中的作用機制。此外，分離和純化這些菌株後，進行塑膠分解實驗，確定其實際效率與應用潛力。 2. 塑膠分解效率的提升 嘗試改變飼養環境 (如溫度、濕度、餵食頻率) 或塑膠預處理方式 (如破碎、化學處理)，提升大麥蟲的塑膠消化效率。同時，可以探索塑膠與其他有機物的混合餵食，觀察是否能提升分解效果。
參考資料
1、Michiel Holthof、Cynthia Lenaerts、Darron Cullen、Jozef J.M. Vanden Broeck 2019 Extracellular nutrient digestion and absorption in the insect gut 2、大麥蟲介紹 維基百科 3、劉彥廷、黃鼎鈞、施昭仰 2013 龍菌物語,中華民國第53屆中小學科展覽會 4、林蓉 2023 全球每年製造4億噸垃圾 對抗塑膠污染仍須努力。 5、Shaji George、Hovan George、Gabrio Martin 2022,Superworms can Help Reduce Plastic Pollution by Being Capable of Eating Through Plastic Waste.