
利用綠豆生長速率作為生物檢定指標驗證 斧足綱的重量與生物累積的相關性

房達奇¹ 吳縉嫻¹ 葉于瑄² 吳晨宇³ 房樹生^{4*}

¹ 國立臺南第二高級中學

² 私立港明高級中學

³ 臺南市立南寧高級中學

⁴ 國立臺南家齊高級中學

壹、前言

本研究想探討文蛤、蜆、及牡蠣的重量大小與體內汙染物累積的相關性。我們選用清潔劑做為汙染物來源，並採用生物檢定法來量化清潔劑的相對濃度，量化指標為綠豆的胚根長度及發芽率，得到的迴歸曲線 R^2 分別為 0.9607 及 0.9582，證實此方法確實可行。將總重量相同但單顆重量大小不同的文蛤、蜆及牡蠣放入不同濃度的清潔劑中，2 小時後移除，再放入綠豆，三天後測量胚根長度及發芽率。結果發現，在總重量相同的前提下，單顆重量越重的文蛤、蜆及牡蠣處理清潔劑後，綠豆的胚根長度及發芽率越大，這代表單顆重量越重，其體內吸附的清潔劑越多，殘留在水中的清潔劑也越少。建議大家未來盡量減少挑選太大顆的文蛤及牡蠣，以避免攝入過多的汙染物，累積在體內無法排出。

在基礎生物課程中學到，環境中許多不易被分解的脂溶性大分子及重金屬，會

隨著食物鏈被累積及放大到更高級的消費者體內。舉例來說，在多年前台灣已經禁止使用的多氯聯苯(PCBs, Polychlorinated biphenyls)，至今仍然可以在吳郭魚、虱目魚的魚肉、內臟，及卵中驗出（王正雄等人，2000）。我們感興趣的問題是，如果營養階層一樣，重量較重的個體，體內的汙染物質濃度會比較輕者更高嗎？由於測定特定汙染物質濃度需要用到大學化學實驗室的貴重儀器，我們想嘗試利用簡易的生物檢定法（Bioassay），證實生物的重量大小與體內汙染物質濃度的正相關性，以進一步驗證生物放大效應的正確性。

生物檢定法是用以測定某生物對外來化合物刺激之反應，藉以定性該化合物是否具有活性，或定量該化合物的劑量。在本實驗中，我們選定身邊最容易取得的汙染物：清潔劑，做為實驗材料，為了定量清潔劑的濃度，我們搜尋了文獻，發現梗稻、高粱、胡瓜、綠豆、油菜、萵苣的種子都適合做為生物檢定法的實驗材料（蔣永正，2005），我們選定了最容易取得的材

*為本文通訊作者

料：綠豆，並利用發芽率及胚根長度做為量化指標。

我們選用的生物材料是濾食性生物：文蛤、蜆、及牡蠣。其濾食的攝食方式，可以確保水中的清潔劑會被攝入，如果清潔劑累積在體內沒有排出的話，就代表水中殘留的清潔劑減少，再利用綠豆的胚根長度及發芽率來量化殘留的清潔劑相對濃度大小，即可得知不同個體重量與體內清潔劑累積的相關性為何。

本實驗的基本假設是：在總重量相同的前提下，濾食性軟體動物的單一個體重量越重，其體內累積的污染物濃度越高。一般文獻大多探討不同營養階層生物體內，或是同一生物體不同部位的污染物濃度差異（徐海生等人，2006），我們則想探討同一營養階層，個體重量大小是否也會造成污染物產生生物累積的差異。本論文的另一個重要貢獻是利用綠豆做為簡易的生物檢定材料，由於我們只需要知道污染物濃度的相對大小，並不需藉助大學的化學定量儀器，本實驗的研究結果應該可以提供做為相關實驗的重要參考。

貳、研究目的

- 一、利用綠豆的發芽率及胚根長度建立污染物相對濃度的生物檢定法量化指標。
- 二、總重量相同，單顆重量不同的文蛤、蜆、及牡蠣與綠豆的發芽率與胚根長度的相關性。

參、研究設備及器材

- 一、**生物材料**：活的帶殼文蛤（平均 27 公克/顆、平均 11.5 公克/顆），活的帶殼蜆（平均 4.3 公克/顆）；帶殼活牡蠣（大於 20 公克/顆、小於 20 公克/顆）。
- 二、**器材及藥品**：免洗碗及塑膠盆，毛寶洗碗精，磅秤。

肆、研究步驟與方法

- 一、利用綠豆的發芽率與胚根長度建立污染物濃度的生物檢定法
 - (一) 生活周遭最容易取得，且具生物累積效應的污染物為清潔劑，因此我們選取洗碗精做為污染物的來源。取毛寶洗碗精 6 種不同濃度：稀釋 10X、稀釋 20X、稀釋 30X、稀釋 40X、稀釋 50X、稀釋 60X，置入綠豆各 60 顆，於第 3 天取出，測量發芽率（胚根 \geq 0.1mm）及胚根長度。
 - (二) 以濃度為 X 軸，發芽率或胚根長度為 Y 軸做圖，求出迴歸曲線及 R^2 。

二、總重量相同，單顆重量不同的文蛤、蜆與綠豆的發芽率及胚根長度的關係

選取二種重量（平均 27 公克/顆、平均 11.5 公克/顆）活的帶殼文蛤，及平均 4.3 公克/顆活的帶殼的蜆，將相同重量（100 公克）放入稀釋 10X、20X、30X、40X、50X、60X 的 250mL 毛寶洗碗精中 2 小時後將文蛤及蜆移除（另以清水做為對照組），在濾液中放入 60 顆綠豆，3 天後

測量胚根及發芽率。(假設文蛤的濾食率為 1.75 ml/min/clam, (陳弘成等人, 1994), 因此 2 顆文蛤每小時可過濾 210mL), 其餘步驟同一。

三、總重量相同，單顆重量不同的牡蠣與綠豆的發芽率與胚根長度的關係

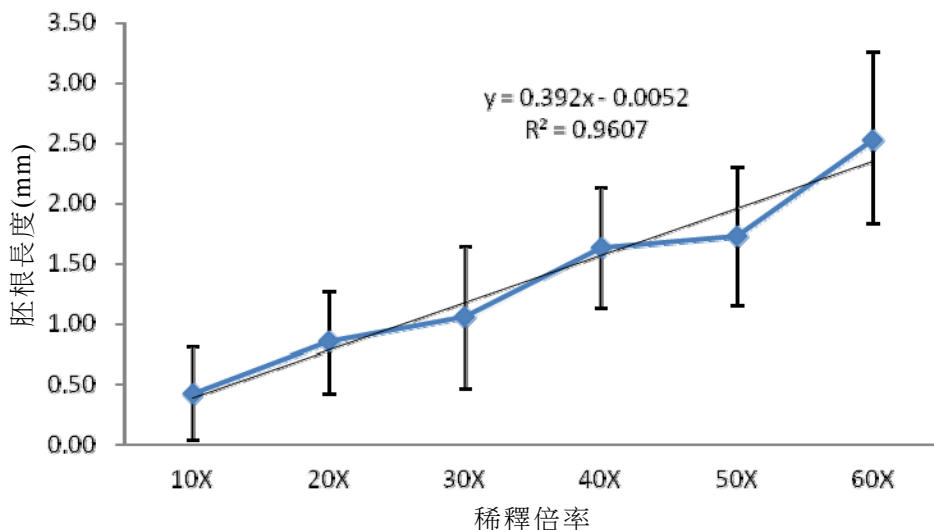
選取二種重量 (大於 20 公克/顆、小於 20 公克/顆) 的帶殼牡蠣 (由於牡蠣大小差異不大, 只選用 2 種重量大小), 將相同重量 (150 公克) 放入稀釋 10X、20X、30X、40X、50X、60X 的 250mL 毛寶洗碗精中 2 小時後將牡蠣移除 (另以清水做為對照組), 其餘步驟同二。

伍、研究結果

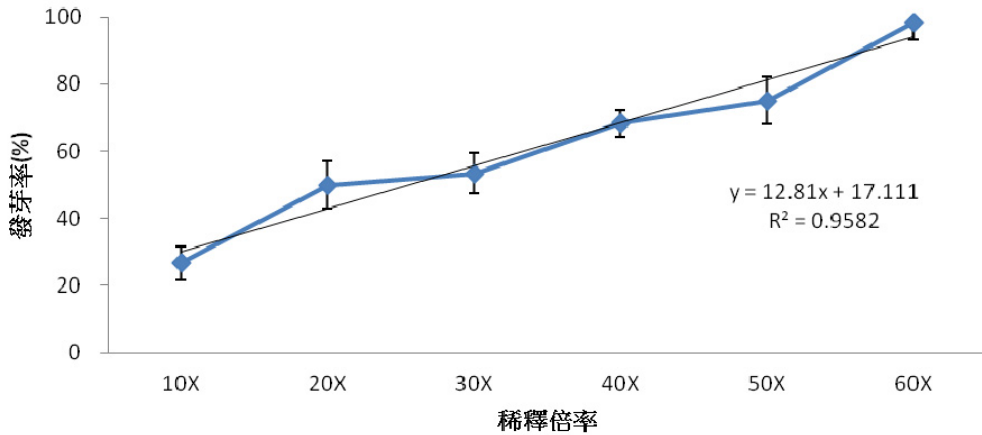
我們必須先確定綠豆的胚根長度及發芽率可以用來做為生物檢定法的量化指標。由圖一可知, 當清潔劑濃度越低 (稀

釋倍率越大), 綠豆的胚根長度越大, $R^2=0.9607$; 當清潔劑濃度越低, 綠豆的發芽率也越大, $R^2=0.9582$ 。可見得綠豆胚根長度及發芽率都很適合做為汙染物濃度的生物檢定法的量化指標。

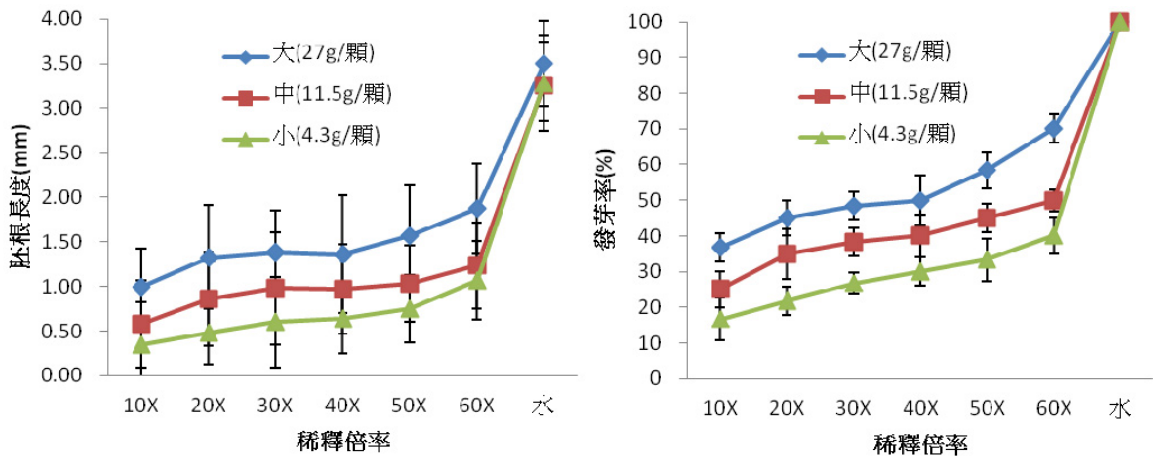
接下來我們想證實個體重量越大, 體內的汙染物累積濃度越高。我們利用大(27 公克/顆)、中(11.5 公克/顆)的文蛤, 及小(4.3 公克/顆)的蜆, 將相同重量(100 公克)放入不同稀釋倍率的毛寶洗碗精中 2 小時後將文蛤及蜆移除, 接著放入綠豆, 3 天後測定胚根長度及發芽率。如果清潔劑被吸附的越多, 殘留在溶液中就會越少, 綠豆的胚根長度及發芽率就會較大, 實驗結果如我們的預期, 單顆重量越大的文蛤吸附越多的清潔劑, 造成殘留的清潔劑濃度越少, 因此綠豆的胚根長度越長, 發芽率越高(圖二)。這個實驗結果明確指出重量大小與體內吸附的汙染物濃度呈正相關。



圖一(a)、利用綠豆的胚根長度測定清潔劑濃度的生物檢定法



圖一(b)、利用綠豆的發芽率測定清潔劑濃度的生物檢定法。



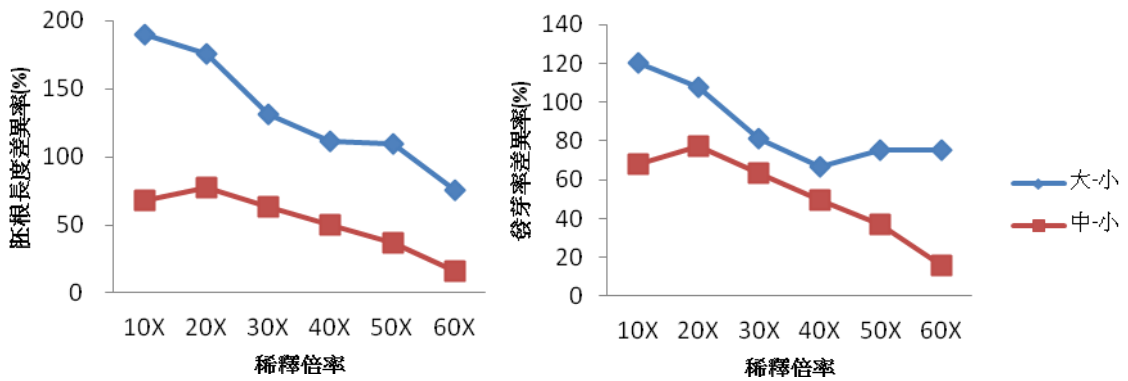
圖二、總重量相同的文蛤(大、中)及蜆(小)處理清潔劑溶液後，綠豆胚根長度(左)及發芽率(右)的差異。

為了進一步比較重量大小對於綠豆胚根長度及發芽率影響的差異，我們比較了大文蛤與小蜆(大-小)及中文蛤與小蜆(中-小)的差異率，兩種量化的結果一致：

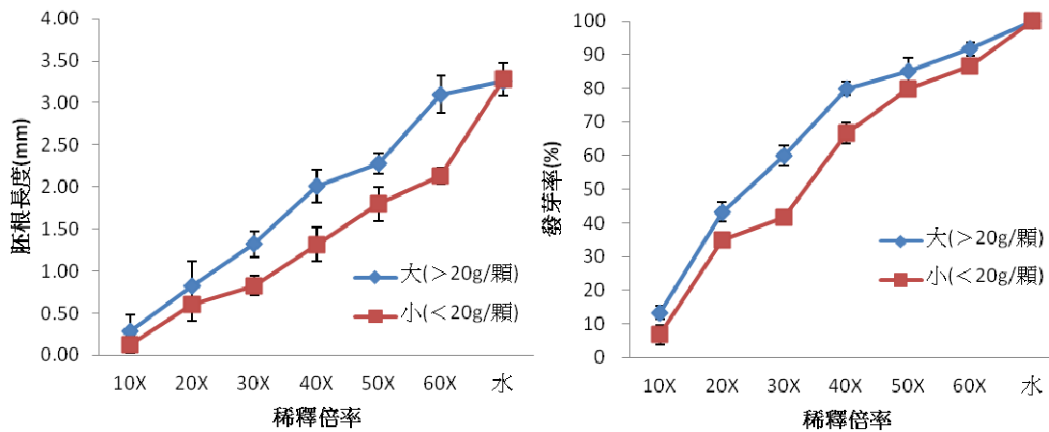
1. 兩種大小差異的胚根長度及發芽率差異率皆為正值，這代表重量較大者，可以吸附較多的清潔劑，使得綠豆胚根長度及發芽率較大。
2. (大-小)的差異率都比(中-小)大，而且清潔劑濃度越高(稀釋倍率越小)，差

異率越大(圖三)。這個結果更進一步確認我們的基本假設：重量大小與體內汙染物質具有高度的正相關性。

牡蠣的實驗結果也如預期，與文蛤完全一致：重量越大的牡蠣吸附越多的清潔劑，造成殘留的清潔劑濃度越少，因此綠豆的胚根長度越長，發芽率越高(圖四)。這個實驗結果再一次確認重量大小與體內吸附的汙染物濃度呈正相關。



圖三、大文蛤與小蜆(大-小)及中文蛤與小蜆(中-小)的差異率比較：左為胚根長度差異率，右為發芽率差異率。清水處理的胚根長度及發芽率差異率皆為 0，圖中未顯示。大-小差異率=(大-小/小)；中-小差異率=(中-小/小)。



圖四、總重量相同，單顆重量不同的牡蠣處理清潔劑溶液後，綠豆胚根長度(左)及發芽率(右)的差異。

陸、討論

文獻指出，河川出海口海域重金屬等毒性物質的分佈與牡蠣的生物累積呈現正相關性(石偉成, 2007)，研究內容是以原子吸收光譜儀(Atomic Adsorption Spectrophotometer)去定量重金屬濃度，並用氣相層析儀譜儀(GC / MS)分析牡蠣體內的揮發性有機物(Volatile Organic Compound)含量。在高中的實驗室，很難具備如此高級且昂貴的設備，我們的實驗

利用簡易的綠豆胚根長度及發芽率與清潔劑濃度之間的正相關性，成功地定量清潔劑的相對濃度大小，此結果具有高度的簡易性、再現性、及方便性，可以利用此生物檢定法去監測環境中的各種毒物量，具有很高的應用價值。

本論文的另一個重要結論在於當生物總重量一致時，個體的重量大小差異，會造成生物累積的差異(圖二、三、四)。我們的基本假設是重量較重的牡蠣或文

蛤，其體內毒物累積速率大於重量較輕者，也就是較重的個體代謝毒物的速率較慢，因此具有較顯著的生物累積效應。藉由上述的簡易生物檢定方法，支持我們的假設。

因為考量到殼的重量可能會造成不同的變因，我們原本設計將文蛤及牡蠣去殼，稱相同重量來進行吸附實驗。嘗試了一次後，發現當文蛤去殼後其生命力驟降，泡了 2 小時清潔劑後，整個溶液呈現混濁，再將綠豆放入 3 天後，所有清潔劑濃度皆不發芽，因為一方面溶液滲透壓太高，一方面整個溶液發臭，微生物大量繁殖，影響綠豆發芽。經過討論後，改做同重量帶殼活體吸附清潔劑 2 小時後，將文蛤或牡蠣去除，如果吸附的量越多，殘留在溶液中的清潔劑越少，則綠豆的胚根長度或發芽率則越高。結果顯示，在同樣的稀釋倍率下，重量越重的文蛤及牡蠣，其綠豆的胚根長度或發芽率越高，且隨著清潔劑稀釋倍率提高，綠豆的胚根長度或發芽率也越高（圖二、四），代表重量越重的文蛤及牡蠣，體內吸附的清潔劑濃度越高，溶液中殘留的清潔劑越少，完全符合我們原本的假設。

雖然本實驗結果並無法得知較大顆的文蛤或牡蠣累積的清潔劑濃度比小顆的大多少，但仍建議大家未來上市場選購文蛤及牡蠣時，盡量挑選重量較小者，以避免攝入過多的汙染物。

柒、結論

- 一、綠豆的胚根長度及發芽率很適合做為生物檢驗法的量化指標。
- 二、文蛤、蜆、及牡蠣的重量越大，體內累積的汙染物質濃度越高。

參考文獻

- 陳弘成、秦宗顯（1994）。氯化汞對文蛤 *Mererix lusoria* 濾食率之影響。 **J. Fish. Soc Taiwan**, **21**(4): 339-346。
- 蔣永正（2005）。市售植物營養劑活性之生物檢測。 **中華民國雜草學會會刊**, **26**(1): 53-66。
- 王正雄、黃輝榮、洪文宗（2000）。台灣河川魚體多氯聯苯之濃度調查研究。 **中華衛誌**, **19**(6): 446-461。
- 徐海生、趙元風、呂景才、劉長發（2006）。水環境中重金屬的生物累積研究及應用。 **四川環境**, **25**(3): 101-103。
- 石偉成（2007）。河川及其出海口海域毒性汙染物分佈與牡蠣生物累積關係之研究。元智大學化學工程與材料科學學系：碩士論文。