

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

030314

高雄縣立路竹高級中學

指導老師姓名

楊玉珍

房樹生

作者姓名

吳婉綺

林君徽

林雅婷

蘇琳詒

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生物科
組 別：國中組

作品名稱：生物濾水器 ~ 重金屬吸附能力

關 鍵 詞：文蛤、牡蠣、重金屬

編 號：

壹、摘要

重金屬會直接或間接影響植物的發芽，將綠豆浸泡在不同濃度與種類重金屬離子(銅、鋅、鈷、鉛、鎳)溶液下，我們發現浸泡濃度愈高，綠豆的發芽率愈低，而銅離子對於綠豆發芽率的抑制效果最好，鈷離子的抑制效果最差。由實驗結果得知重金屬濃度與綠豆發芽率有明顯的負相關，也就是重金屬濃度愈高，綠豆發芽率愈低，利用推算的回歸曲線，可以由綠豆發芽率來估算重金屬濃度，是一個簡單又經濟的生物檢測方法。

文蛤與牡蠣屬於濾食性動物，靠過濾水中懸浮性有機物而生存，水中的懸浮物質會吸附一些污染物，如：重金屬或有毒物質，這些懸浮物質會被濾食性生物濾過而集中在體內，將文蛤與牡蠣置於重金屬溶液一段時間後，溶液中重金屬離子濃度有下降的趨勢，推測應該是重金屬離子吸附在這些濾食性動物體內，文蛤對於的銅、鋅、鈷、鎳離子的吸附能力皆明顯，只有對於鉛離子的吸附能力較差，而牡蠣對於銅、鋅離子的吸附能力較大，對於鉛、鎳離子吸附能力較小，而對於鈷離子幾乎沒有吸附能力。

貳、研究動機

在國一上學期的自然與生活科技的課程中，我們接觸到環境污染的問題，課文中提到各種污染對於生態環境的影響，印象特別深刻的是二仁溪畔，廢五金回收業者進行洗選，造成嚴重的重金屬污染(郭,2003)，而二仁溪起源於高雄縣內門鄉，下游流經鄰近的湖內鄉境內，是我們大家都相當熟悉的溪流之一，所以印象特別深刻，而對於此污染所造成的生態環境的影響也特別好奇、感興趣。老師還告訴我們一件聞名震驚全台甚至國際的「綠牡蠣」事件，在茄萣海域發生養殖牡蠣呈現不正常的綠色，是牡蠣含銅量偏高的結果，原來是二仁溪河川之廢五金回收業者酸洗廢五金後的廢液大量排放至河川的結果。

課堂討論時，有同學提出問題，水中的生物這麼多種，為什麼只出現「綠牡蠣」事件，是不是因為牡蠣體內吸附重金屬的能力比較強呢？因此，引起我們的好奇心，想要探討不同生物對於重金屬吸附能力的差異，若將重金屬吸附能力強的生物，置入重金屬污水中，那就可以當作是一個有效的重金屬的生物濾水器了！

另外我們使用生物檢測方式，利用重金屬濃度與綠豆發芽率的關係，來估測重金屬含量，不需要使用精密又昂貴的儀器就可以大約估算重金屬濃度，真是一個簡單又經濟的生物檢測方法。

參、研究目的

一、探討重金屬對綠豆發芽率的影響

- (一) 銅離子(Cu^{2+})對綠豆發芽率的影響
- (二) 鋅離子(Zn^{2+})對綠豆發芽率的影響
- (三) 鈷離子(Co^{2+})對綠豆發芽率的影響
- (四) 鉛離子(Pb^{2+})對綠豆發芽率的影響
- (五) 鎳離子(Ni^{2+})對綠豆發芽率的影響
- (六) 比較五種重金屬對於綠豆發芽率影響的差異

二、利用綠豆發芽率推測文蛤與牡蠣對重金屬的吸附能力

- (一) 文蛤與牡蠣對銅離子(Cu^{2+})的吸附能力
- (二) 文蛤與牡蠣對鋅離子(Zn^{2+})的吸附能力
- (三) 文蛤與牡蠣對鈷離子(Co^{2+})的吸附能力
- (四) 文蛤與牡蠣對鉛離子(Pb^{2+})的吸附能力
- (五) 文蛤與牡蠣對鎳離子(Ni^{2+})的吸附能力
- (六) 比較文蛤與牡蠣對於五種重金屬吸附能力的差異

肆、研究設備與材料

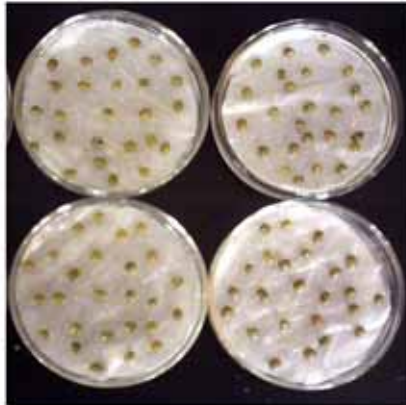
- 一、生物材料：綠豆、新鮮文蛤與帶殼牡蠣（購自傳統市場）。
- 二、化學材料：硫酸銅、硫酸鋅、氯化鈷、硝酸鉛、氯化鎳。
- 三、恆溫器材：培養箱。
- 四、其他：紙巾、培養皿、燒杯、量筒、試管、鑷子等。

伍、研究方法

一、探討重金屬對綠豆發芽率的影響

(一) 銅離子(Cu^{2+})對綠豆發芽率的影響

配置 0mM、2 mM、4 mM、6 mM、8 mM 和 10 mM 硫酸銅溶液，培養皿鋪上 4 張直徑 8 cm 的紙巾，將 30 ml 的銅離子溶液倒入培養皿，挑選大小相似 25 顆綠豆分散置入培養皿中如圖(一)，將培養皿移至 25°C 的培養箱中，24 小時後，計算綠豆發芽率，每組濃度三重複，以求得平均發芽率，而以長出 0.1 公分以上的新芽為發芽判斷基準。



圖(一) 綠豆培養裝置

(二) 鋅離子(Zn^{2+})對綠豆發芽率的影響

配置 0mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 硫酸鋅溶液，其餘步驟同上(一)。

(三) 鈷離子(Co^{2+})對綠豆發芽率的影響

配置 0mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 氯化鈷溶液，其餘步驟同上(一)。

(四) 鉛離子(Pb^{2+})對綠豆發芽率的影響

配置 0mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 硝酸鉛溶液，其餘步驟同上(一)。

(五) 鎳離子(Ni^{2+})對綠豆發芽率的影響

配置 0mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 氯化鎳溶液，其餘步驟同上(一)。

二、利用綠豆發芽率推測文蛤與牡蠣對重金屬的吸附能力

(一) 文蛤與牡蠣對銅離子(Cu^{2+})的吸附能力

挑選大小相似的 8 顆文蛤與 8 顆牡蠣，分別置入 800 ml 的 5 mM 硫酸銅溶液如圖(二)，0 小時、6 小時、24 小時後，各量取 30 ml，文蛤與牡蠣處理後的銅離子溶液，培養皿鋪上 4 張直徑 8 cm 的紙巾，將 30 ml 處理後的銅離子溶液倒入培養皿，挑選大小相似的 25 顆綠豆分散置入培養皿中，將培養皿移至 25°C 的培養箱中，24 小時後，計算綠豆發芽率，每組實驗三重複，以求得平均發芽率。利用硫酸銅溶液與綠豆發芽率關係曲線推算處理後的銅離子濃度，以了解處理前後銅離子濃度的變化，並探討文蛤與牡蠣對銅離子吸附能力的差異。



圖(二) 文蛤與牡蠣培養裝置

(二) 文蛤與牡蠣對鋅離子(Zn^{2+})的吸附能力

挑選大小相似的 8 顆文蛤與 8 顆牡蠣，分別置入 800 ml 的 100 mM 硫酸鋅溶液，其餘步驟同上(一)。

(三) 文蛤與牡蠣對鈷離子(Co^{2+})的吸附能力

挑選大小相似的 8 顆文蛤與 8 顆牡蠣，分別置入 800 ml 的 100 mM 氯化鈷溶液，其餘步驟同上(一)。

(四) 文蛤與牡蠣對鉛離子(Pb^{2+})的吸附能力

挑選大小相似的 8 顆文蛤與 8 顆牡蠣，分別置入 800 ml 的 50 mM 硝酸鉛溶液，其餘步驟同上(一)。

(五) 文蛤與牡蠣對鎳離子(Ni^{2+})的吸附能力

挑選大小相似的 8 顆牡蠣與 8 顆蛤蠣，分別置入 800 ml 的 50 mM 氯化鎳溶液，其餘步驟同上(一)。

陸、研究結果

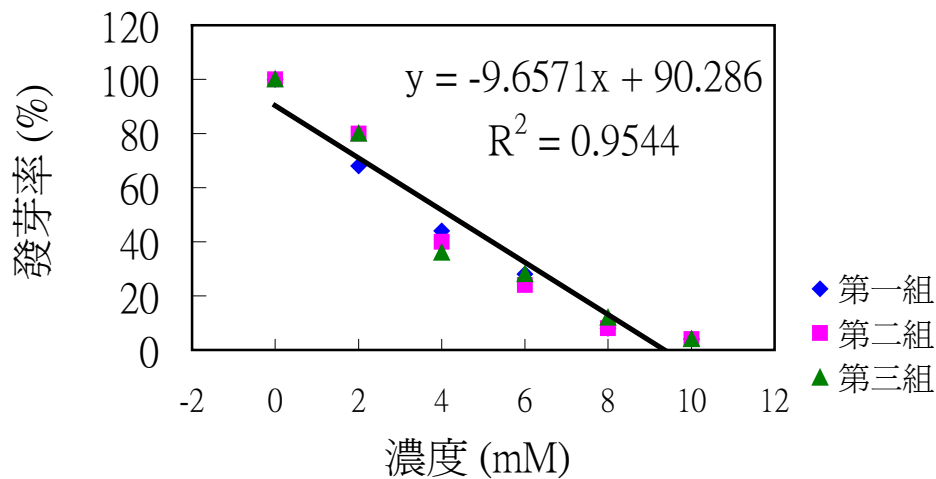
一、探討重金屬對綠豆發芽率的影響

(一) 銅離子(Cu^{2+})對綠豆發芽率的影響

1. 以硫酸銅溶液處理綠豆 24 小時，其發芽結果如表(一)，並計算濃度與發芽率的迴歸曲線和相關係數如圖(三)。
2. 由表(一)與圖(三)得知，隨著銅離子濃度的增加，綠豆發芽率有下降的趨勢，證明銅離子會抑制綠豆的發芽，而且濃度與發芽率具有明顯的負相關性($R^2=0.95$ ， R 為相關係數)。

表(一) 0 mM、2 mM、4 mM、6 mM、8 mM 和 10 mM 硫酸銅溶液對綠豆發芽的影響

| 濃度 | 0 mM | | 2 mM | | 4 mM | | 6 mM | | 8 mM | | 10 mM | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) |
| 第一組 | 25 | 100 | 17 | 68 | 9 | 36 | 6 | 24 | 2 | 8 | 1 | 4 |
| 第二組 | 25 | 100 | 20 | 80 | 10 | 40 | 7 | 28 | 2 | 8 | 1 | 4 |
| 第三組 | 25 | 100 | 20 | 80 | 11 | 44 | 7 | 28 | 3 | 12 | 1 | 4 |
| 平均 | 25 | 100 | 19.0 | 76.0 | 10.0 | 40.0 | 6.7 | 26.7 | 2.3 | 9.3 | 1.0 | 4.0 |



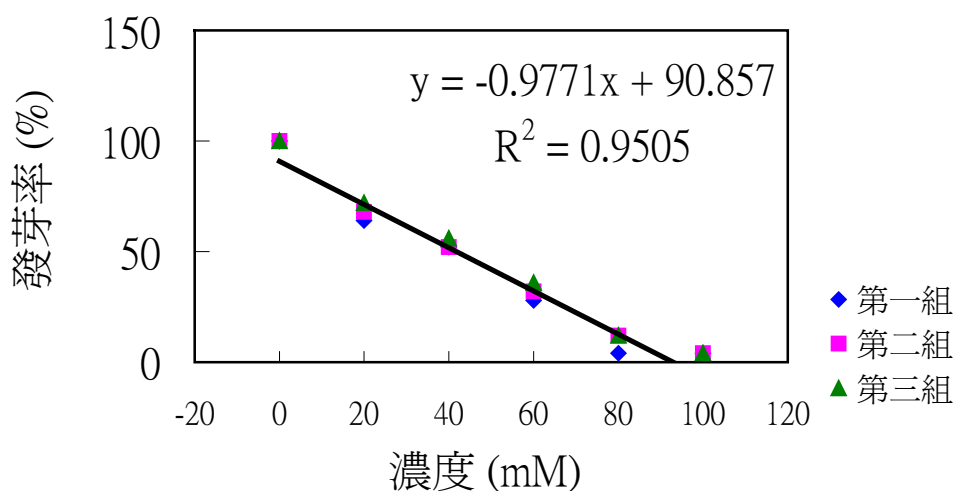
圖(三) 0 mM、2 mM、4 mM、6 mM、8 mM 和 10 mM 硫酸銅溶液對綠豆發芽率的影響

(二) 鋅離子(Zn^{2+})對綠豆發芽率的影響

1. 以硫酸鋅溶液處理綠豆 24 小時，其發芽結果如表(二)，並計算濃度與發芽率的迴歸曲線和相關係數如圖(四)。
2. 由表(二)與圖(四)得知，隨著鋅離子濃度的增加，綠豆發芽率有下降的趨勢，證明鋅離子會抑制綠豆的發芽，而且濃度與發芽率具有明顯的負相關性($R^2=0.95$)。

表(二) 0 mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 硫酸鋅溶液對綠豆發芽的影響

| 組別 \ 濃度 | 0 mM | | 20 mM | | 40 mM | | 60 mM | | 80 mM | | 100 mM | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) |
| 第一組 | 25 | 100 | 16 | 64 | 13 | 52 | 7 | 28 | 1 | 4 | 1 | 4 |
| 第二組 | 25 | 100 | 17 | 68 | 13 | 52 | 8 | 32 | 3 | 12 | 1 | 4 |
| 第三組 | 25 | 100 | 18 | 72 | 145 | 56 | 9 | 36 | 3 | 12 | 1 | 4 |
| 平均 | 25 | 100 | 17.0 | 68.0 | 13.3 | 53.3 | 8.0 | 32.0 | 2.3 | 9.3 | 1.0 | 4.0 |



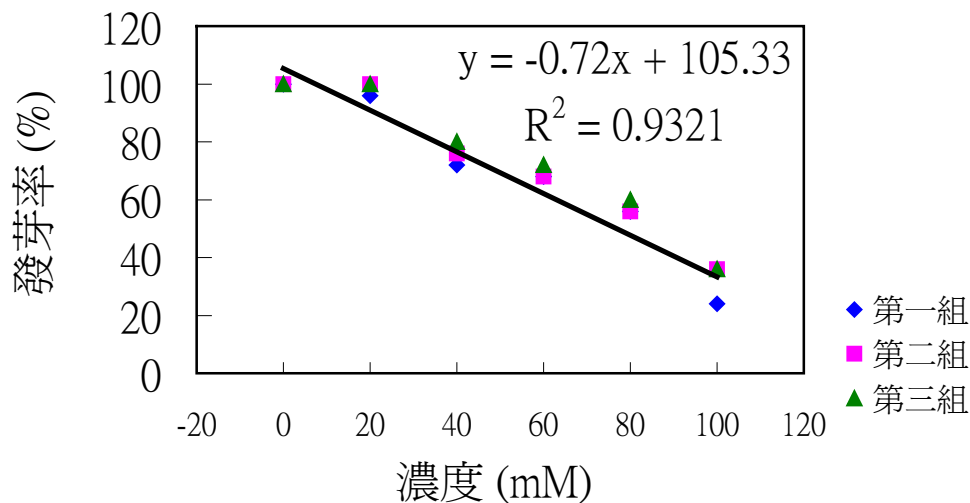
圖(二) 0 mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 硫酸鋅溶液對綠豆發芽率的影響

(三) 鈷離子(Co^{2+})對綠豆發芽率的影響

1. 以氯化鈷溶液處理綠豆 24 小時，其發芽結果如表(三)，並計算濃度與發芽率的迴歸曲線和相關係數如圖(五)。
2. 由表(三)與圖(五)得知，隨著鈷離子濃度的增加，綠豆發芽率有下降的趨勢，證明鈷離子會抑制綠豆的發芽，而且濃度與發芽率具有明顯的負相關性($R^2=0.93$)。

表(三) 0 mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 氯化鈷溶液對綠豆發芽的影響

| 濃度 組別 | 0 Mm | | 20 mM | | 40 mM | | 60 mM | | 80 mM | | 100 mM | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) |
| 第一組 | 25 | 100 | 24 | 96 | 18 | 72 | 17 | 68 | 14 | 56 | 6 | 24 |
| 第二組 | 25 | 100 | 25 | 100 | 19 | 76 | 17 | 68 | 14 | 56 | 9 | 36 |
| 第三組 | 25 | 100 | 25 | 100 | 20 | 80 | 18 | 72 | 15 | 60 | 9 | 36 |
| 平均 | 25 | 100 | 24.7 | 98.7 | 19.0 | 76.0 | 17.3 | 69.3 | 14.3 | 57.3 | 8.0 | 32.0 |



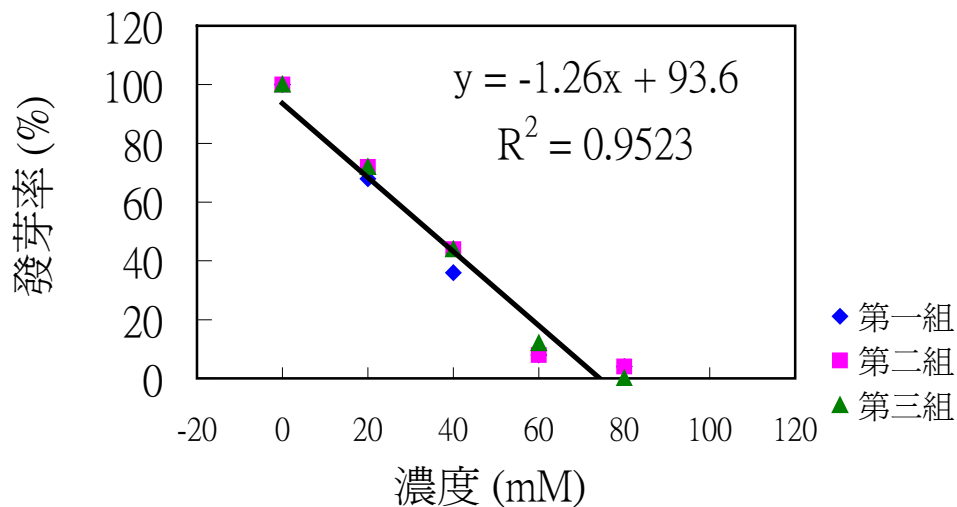
圖(五) 0 mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 氯化鈷溶液對綠豆發芽率的影響

(四) 鉛離子(Pb^{2+})對綠豆發芽率的影響

1. 以硝酸鉛溶液處理綠豆 24 小時，其發芽結果如表(四)，並計算濃度與發芽率的迴歸曲線和相關係數如圖(六)。
2. 由表(四)與圖(六)得知，隨著鉛離子濃度的增加，綠豆發芽率有下降的趨勢，證明鉛離子會抑制綠豆的發芽，而且濃度與發芽率具有明顯的負相關性($R^2=0.95$)。

表(四) 0 mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 硝酸鉛溶液對綠豆發芽的影響

| 組別 \ 濃度 | 0 mM | | 20 mM | | 40 mM | | 60 mM | | 80 mM | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) |
| 第一組 | 25 | 100 | 17 | 68 | 9 | 36 | 2 | 8 | 0 | 0 |
| 第二組 | 25 | 100 | 18 | 72 | 11 | 44 | 2 | 8 | 1 | 4 |
| 第三組 | 25 | 100 | 18 | 72 | 11 | 44 | 3 | 12 | 1 | 4 |
| 平均 | 25 | 100 | 17.7 | 70.7 | 10.3 | 41.3 | 2.3 | 9.3 | 0.7 | 2.7 |



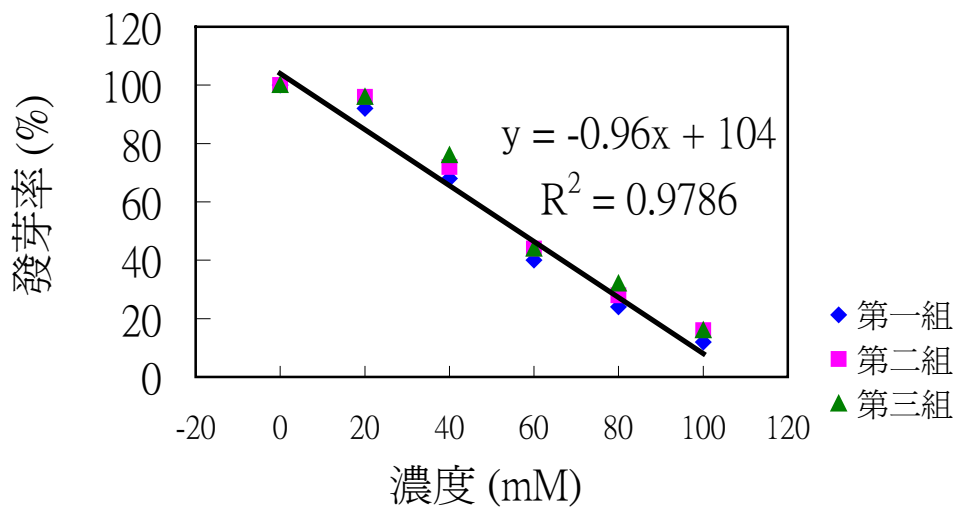
圖(六) 0 mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 硝酸鉛溶液對綠豆發芽率的影響

(五) 鎳離子(Ni²⁺)對綠豆發芽率的影響

1. 以氯化鎳溶液處理綠豆 24 小時，其發芽結果如表(五)，並計算濃度與發芽率的迴歸曲線和相關係數如圖(七)。
2. 由表(五)與圖(七)得知，隨著鎳離子濃度的增加，綠豆發芽率有下降的趨勢，證明鎳離子會抑制綠豆的發芽，而且濃度與發芽率具有明顯的負相關性(R²=0.98)。

表(五) 0 mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 氯化鎳溶液對綠豆發芽的影響

| 濃度 組別 | 0 mM | | 20 mM | | 40 mM | | 60 mM | | 80 mM | | 100 mM | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) | 發芽數(顆) | 發芽率(%) |
| 第一組 | 25 | 100 | 23 | 92 | 17 | 68 | 10 | 40 | 6 | 24 | 3 | 12 |
| 第二組 | 25 | 100 | 24 | 96 | 18 | 72 | 11 | 44 | 7 | 28 | 4 | 16 |
| 第三組 | 25 | 100 | 24 | 96 | 19 | 76 | 11 | 44 | 8 | 32 | 4 | 16 |
| 平均 | 25 | 100 | 23.7 | 94.7 | 18.0 | 72.0 | 10.7 | 42.7 | 7.0 | 28.0 | 3.7 | 14.7 |



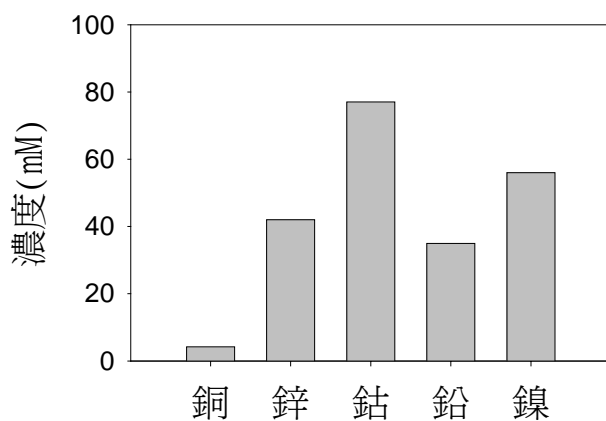
圖(七) 0 mM、20 mM、40 mM、60 mM、80 mM 和 100 mM 氯化鎳溶液對綠豆發芽率的影響

(六) 比較五種重金屬對於綠豆發芽率的影響

1. 利用重金屬濃度與綠豆發芽率的迴歸曲線，換算 50%發芽率的重金屬濃度，結果如表(六)、圖(八)。
2. 發芽率 50%的重金屬濃度愈小，表示其抑制效果愈佳，由表(六)、圖(八)得知銅離子對於綠豆發芽的抑制效果最大，而鈷離子的抑制效果最小。

表(六) 50%綠豆發芽率與五種重金屬濃度的關係

| 重金屬 發芽率 | 銅離子(mM) | 鋅離子(mM) | 鈷離子(mM) | 鉛離子(mM) | 鎳離子(mM) |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 50% | 4.2 | 42 | 77 | 35 | 56 |



圖(八) 50%綠豆發芽率與五種重金屬濃度的關係

二、利用綠豆發芽率推測文蛤與牡蠣對重金屬的吸附能力

(一) 文蛤與牡蠣對銅離子(Cu^{2+})的吸附能力

1. 文蛤與牡蠣分別置入 5 mM 硫酸銅溶液，將處理 24 小時後的文蛤與牡蠣去殼，觀察其外觀差異如圖(九)與圖(十)，處理後的文蛤與牡蠣顏色皆明顯變綠。
2. 將處理後的硫酸銅溶液處理綠豆 24 小時，其發芽結果如表(七)、圖(十一)。
3. 由表(七)、圖(十一)得知，文蛤與牡蠣在處理 6 小時後，其綠豆發芽率變化不大，而文蛤處理 24 小時後，綠豆發芽率增加約 1.6 倍，而牡蠣處理 24 小時後，綠豆發芽率增加約 2.7 倍。
4. 利用發芽率與銅離子濃度相關曲線(發芽率 = 濃度 \times (-9.6571) + 90.286)，換算處理後銅離子濃度結果如表(八)、圖(十二)。
5. 以處理 0 小時之推算銅離子濃度為基準，計算處理後銅離子濃度下降率 $=\frac{M_0-M_T}{M_0} \times 100\%$ ； M_0 為處理 0 小時之推算濃度、 M_T 為處理 T 小時之推算濃度，如表(九)、圖(十三)。
6. 由表(九)、圖(十二)、圖(十三)得知，文蛤與牡蠣在處理 6 小時後，銅離子濃度都只有少量的變化，而處理 24 小時後，文蛤之銅離子濃度下降 32.8%，而牡蠣之銅離子濃度下降 98.3%，因此牡蠣對於銅離子的吸附能力較文蛤大。



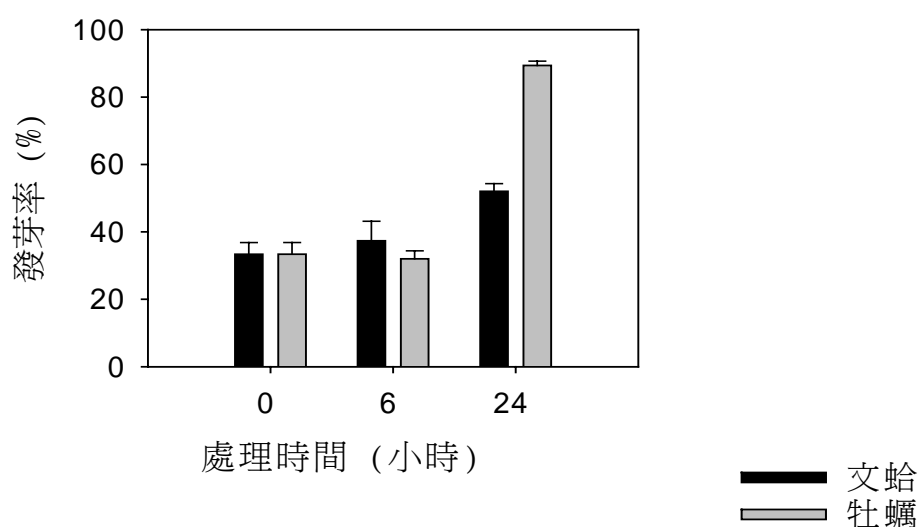
圖(九) 文蛤浸泡硫酸銅與蒸餾水 24 小時後，其外觀差異



圖(十) 牡蠣浸泡硫酸銅與蒸餾水 24 小時後，其外觀差異

表(七) 文蛤與牡蠣置入 5 mM 硫酸銅溶液 0、6 與 24 小時後，對綠豆發芽率的影響

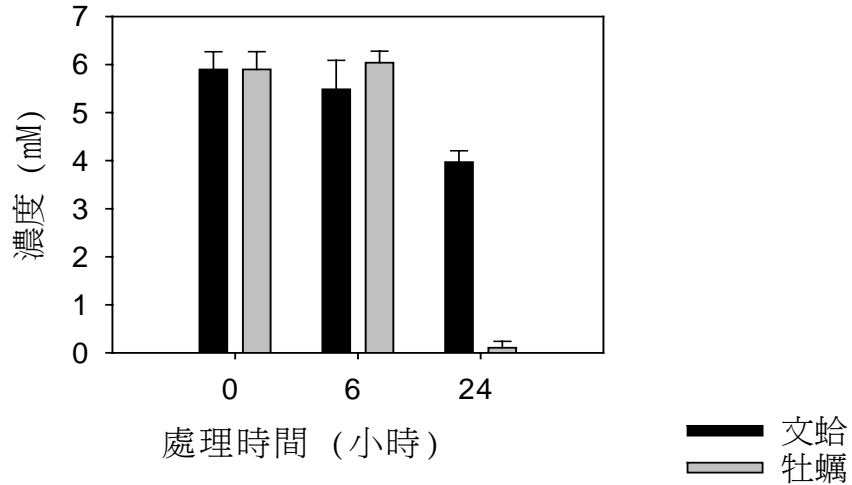
| | 0 小時 | | | | 6 小時 | | | | 24 小時 | | | |
|-----|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|-----|------|------|
| | 文蛤 | | 牡蠣 | | 文蛤 | | 牡蠣 | | 文蛤 | | 牡蠣 | |
| | 發芽數 | 發芽率 | 發芽數 | 發芽率 | 發芽數 | 發芽率 | 發芽數 | 發芽率 | 發芽數 | 發芽率 | 發芽數 | 發芽率 |
| | (顆) | (%) | (顆) | (%) | (顆) | (%) | (顆) | (%) | (顆) | (%) | (顆) | (%) |
| 第一組 | 7 | 28 | 7 | 28 | 7 | 28 | 7 | 28 | 12 | 48 | 22 | 88 |
| 第二組 | 8 | 32 | 8 | 32 | 9 | 36 | 8 | 32 | 13 | 52 | 22 | 88 |
| 第三組 | 10 | 40 | 10 | 40 | 12 | 48 | 9 | 36 | 14 | 56 | 23 | 92 |
| 平均 | 8.3 | 33.3 | 8.3 | 33.3 | 9.3 | 37.3 | 8 | 32 | 13 | 52 | 22.3 | 89.3 |



圖(十一) 文蛤與牡蠣置入 5 mM 硫酸銅溶液後，對綠豆發芽率的影響，細直線代表標準差

表(八) 文蛤與牡蠣置入 5 mM 硫酸銅溶液 0、6 與 24 小時後，推算之銅離子濃度

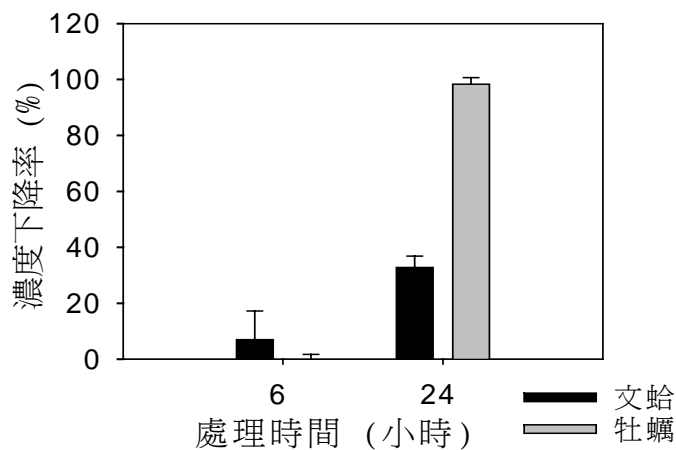
| 處理後濃度 (mM) | 0 小時 | | 6 小時 | | 24 小時 | |
|------------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 文蛤 | 牡蠣 | 文蛤 | 牡蠣 | 文蛤 | 牡蠣 |
| 第一組 | 6.45 | 6.45 | 6.45 | 6.45 | 4.38 | -0.18 |
| 第二組 | 6.04 | 6.04 | 5.62 | 6.04 | 3.96 | 0.24 |
| 第三組 | 5.21 | 5.21 | 4.38 | 5.62 | 3.55 | 0.24 |
| 平均 | 5.90 | 5.90 | 5.50 | 6.04 | 3.96 | 0.1 |



圖(十二) 文蛤與牡蠣置入 5 mM 硫酸銅溶液後，推算之銅離子濃度，細直線代表標準差

表(九) 文蛤與牡蠣處理前後銅離子濃度下降率

| 處理情況 | 文蛤 | | 牡蠣 | |
|------|------|-------|------|-------|
| | 6 小時 | 24 小時 | 6 小時 | 24 小時 |
| 第一組 | -9.4 | 25.8 | -9.4 | 103.0 |
| 第二組 | 4.7 | 32.8 | -2.3 | 96.0 |
| 第三組 | 26 | 39.8 | 4.7 | 96.0 |
| 平均 | 7.0 | 32.8 | -2.3 | 98.3 |



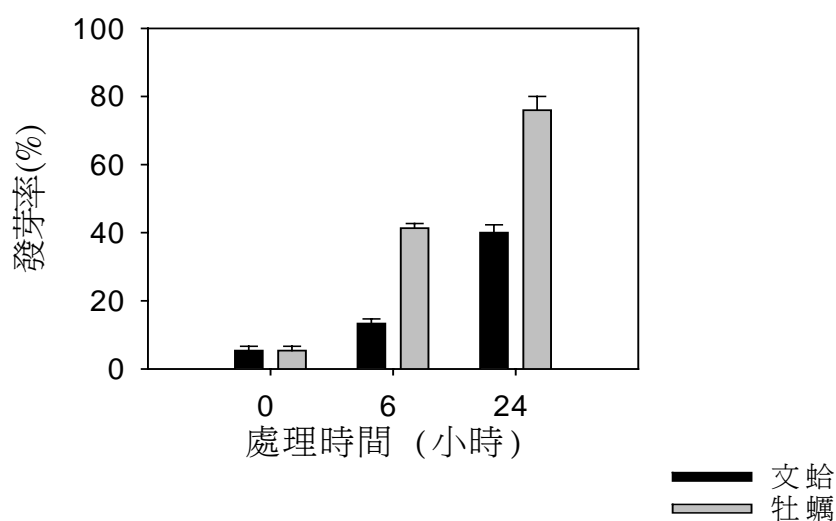
圖(十三) 文蛤與牡蠣處理前後銅離子濃度下降率，細直線代表標準差

(二) 文蛤與牡蠣對鋅離子(Zn^{2+})的吸附能力

1. 文蛤與牡蠣分別置入 100 mM 硫酸鋅溶液，將處理 24 小時後的文蛤與牡蠣去殼，觀察其外觀差異，處理後的文蛤與牡蠣顏色變化皆不明顯。
2. 將處理後的硫酸鋅溶液處理綠豆 24 小時，其發芽結果如表(十)、圖(十四)。
3. 由表(十)、圖(十四)得知，文蛤處理 6 小時和 24 小時後，綠豆發芽率增加約 2.5 倍和 7.5 倍，而牡蠣處理 6 小時和 24 小時後，綠豆發芽率增加約 7.8 倍和 14.3 倍。
4. 利用發芽率與鋅離子濃度相關曲線(發芽率 = 濃度 \times (-0.9771) + 90.857)，換算處理後鋅離子濃度結果如表(十一)、圖(十五)。
5. 計算處理後鋅離子濃度下降率如表(十二)、圖(十六)。
6. 由表(十二)、圖(十五)、圖(十六)得知，文蛤在處理 6 小時後，鋅離子濃度只有少量的變化，處理 24 小時後，鋅離子濃度下降 40.5%，而牡蠣在處理 6 小時後，鋅離子濃度下降 42.1%，處理 24 小時後，鋅離子濃度下降 82.6%，牡蠣之鋅離子濃度下降快且明顯，因此牡蠣對於鋅離子的吸附能力較文蛤大。

表(十) 文蛤與牡蠣置入 100 mM 硫酸鋅溶液 0、6 與 24 小時後，對綠豆發芽的影響

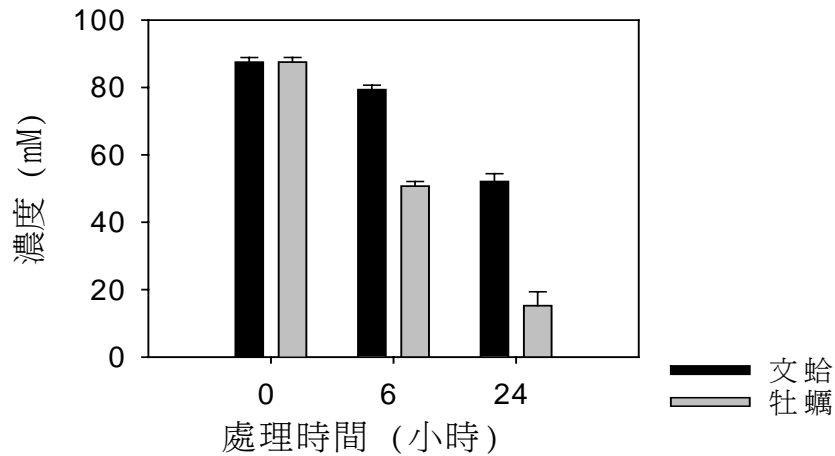
| | 0 小時 | | | | 6 小時 | | | | 24 小時 | | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 文蛤 | | 牡蠣 | | 文蛤 | | 牡蠣 | | 文蛤 | | 牡蠣 | |
| | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) |
| 第一組 | 1 | 4 | 1 | 4 | 3 | 12 | 10 | 40 | 9 | 36 | 18 | 72 |
| 第二組 | 1 | 4 | 1 | 4 | 3 | 12 | 10 | 40 | 10 | 40 | 18 | 72 |
| 第三組 | 2 | 8 | 2 | 8 | 4 | 16 | 11 | 44 | 11 | 44 | 21 | 84 |
| 平均 | 1.3 | 5.3 | 1.3 | 5.3 | 3.3 | 13.3 | 10.3 | 41.3 | 10.0 | 40.0 | 19.0 | 76.0 |



圖(十四) 文蛤與牡蠣置入 100 mM 硫酸鋅溶液後，對綠豆發芽的影響，細直線代表標準差

表(十一) 文蛤與牡蠣置入 100 mM 硫酸鋅溶液 0、6 與 24 小時後，推算之鋅離子濃度

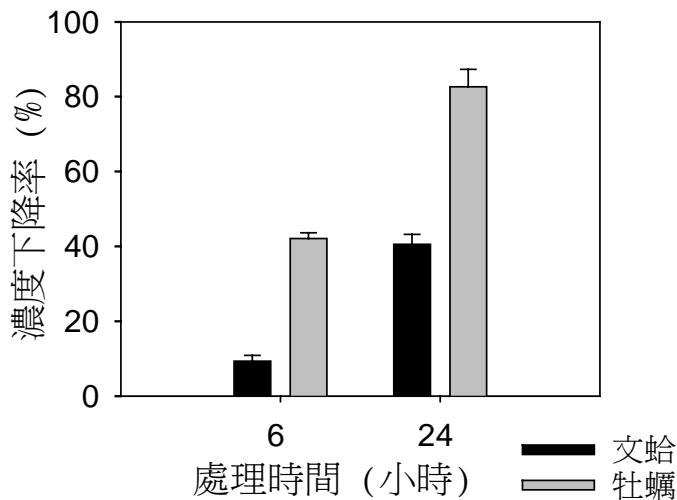
| 處理後濃度 (Mm) | 0 小時 | | 6 小時 | | 24 小時 | |
|---------------|------|------|------|------|-------|------|
| | 文蛤 | 牡蠣 | 文蛤 | 牡蠣 | 文蛤 | 牡蠣 |
| 第一組 | 88.9 | 88.9 | 80.7 | 52 | 56.1 | 19.3 |
| 第二組 | 88.9 | 88.9 | 80.7 | 52 | 52.0 | 19.3 |
| 第三組 | 84.8 | 84.8 | 76.6 | 48 | 48.0 | 7.0 |
| 平均 | 87.5 | 87.5 | 79.0 | 50.7 | 52.0 | 15.2 |



圖(十五) 文蛤與牡蠣置入 100 mM 硫酸鋅溶液後，推算之鋅離子濃度，細直線代表標準差

表(十二) 文蛤與牡蠣處理前後鋅離子濃度下降率

| 處理情況 濃度下降率(%) | 文蛤 | | 牡蠣 | |
|------------------|------|-------|------|-------|
| | 6 小時 | 24 小時 | 6 小時 | 24 小時 |
| 第一組 | 7.8 | 35.9 | 40.5 | 78.0 |
| 第二組 | 7.8 | 40.5 | 40.5 | 78.0 |
| 第三組 | 12.5 | 45.2 | 45.2 | 92.0 |
| 平均 | 9.3 | 40.5 | 42.1 | 82.6 |



圖(十六) 文蛤與牡蠣處理前後鋅離子濃度下降率，細直線代表標準差

(三) 文蛤與牡蠣對鈷離子(Co^{2+})的吸附能力

1. 文蛤與牡蠣分別置入 100 Mm 氯化鈷溶液，將處理 24 小時後的文蛤與牡蠣去殼，觀察其外觀差異如圖(十七)、圖(十八)，處理後的文蛤顏色明顯變紅，而牡蠣的顏色變化不明顯。
2. 將處理後的氯化鈷溶液處理綠豆 24 小時，其發芽結果如表(十三)、圖(十九)。
3. 由表(十三)、圖(十九)得知，文蛤處理 6 小時和 24 小時後，綠豆發芽率增加約 1.4 倍和 2.0 倍，而牡蠣處理 6 小時和 24 小時後，綠豆發芽率變化不大。
4. 利用發芽率與鈷離子濃度相關曲線(發芽率 = 濃度 \times (-0.72) + 105.33)，換算處理後鈷離子濃度結果如表(十四)、圖(二十)。
5. 計算處理後鈷離子濃度下降率如表(十五)、圖(二十一)。
6. 由表(十五)、圖(二十)、圖(二十一)得知，文蛤在處理 6 小時後，鈷離子濃度下降 11.7%，處理 24 小時後，鈷離子濃度下降 31.7%，而牡蠣在處理 6 與 24 小時後，鈷離子濃度都只有少量的變化，因此文蛤對於鈷離子的吸附能力較牡蠣大。



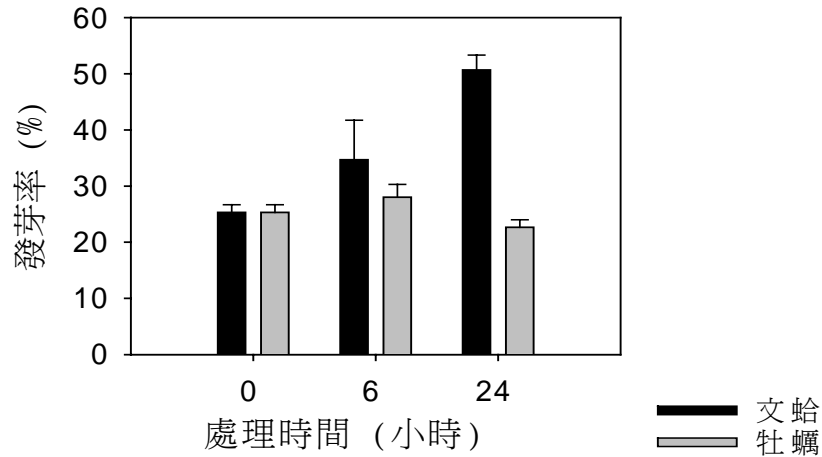
圖(十七) 文蛤浸泡氯化鈷與蒸餾水 24 小時後，其外觀差異



圖(十八) 牡蠣浸泡氯化鈷與蒸餾水 24 小時後，其外觀差異

表(十三) 文蛤與牡蠣置入 100 Mm 氯化鈷溶液 0、6 與 24 小時後，對綠豆發芽的影響

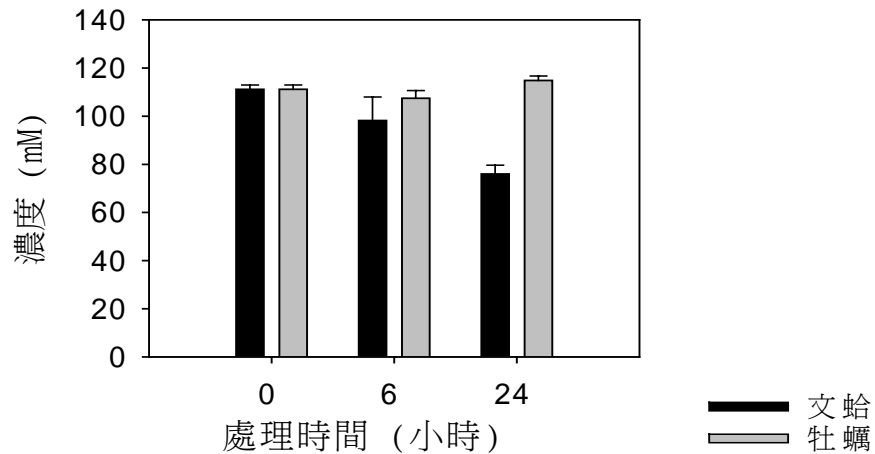
| | 0 小時 | | | | 6 小時 | | | | 24 小時 | | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 文蛤 | | 牡蠣 | | 文蛤 | | 牡蠣 | | 文蛤 | | 牡蠣 | |
| | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) |
| 第一組 | 6 | 24 | 6 | 24 | 6 | 24 | 6 | 24 | 12 | 48 | 5 | 20 |
| 第二組 | 6 | 24 | 6 | 24 | 8 | 32 | 7 | 28 | 12 | 48 | 6 | 24 |
| 第三組 | 7 | 28 | 7 | 28 | 12 | 48 | 8 | 32 | 14 | 56 | 6 | 24 |
| 平均 | 6.3 | 25.3 | 6.3 | 25.3 | 8.7 | 34.7 | 7.0 | 28.0 | 12.7 | 50.7 | 5.7 | 22.7 |



圖(十九) 文蛤與牡蠣置入 100 Mm 氯化鈷溶液後，對綠豆發芽的影響，細直線代表標準差

表(十四) 文蛤與牡蠣置入 100 mM 氯化鈷溶液 0、6 與 24 小時後，推算之鈷離子濃度

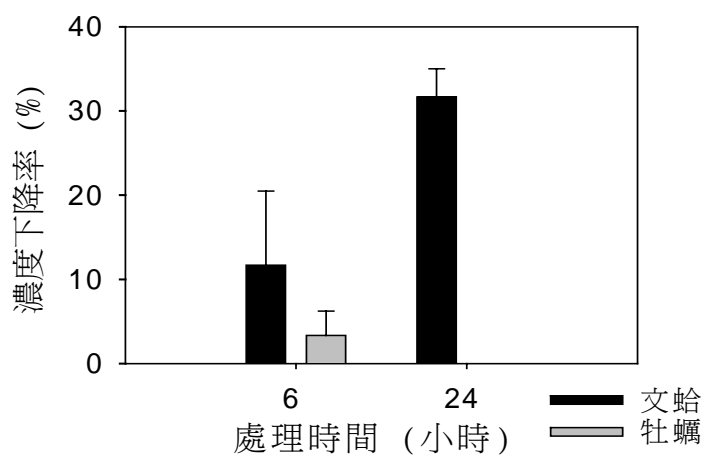
| 處理後濃度 (mM) | 0 小時 | | 6 小時 | | 24 小時 | |
|------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 文蛤 | 牡蠣 | 文蛤 | 牡蠣 | 文蛤 | 牡蠣 |
| 第一組 | 113 | 113 | 113 | 113 | 79.6 | 118.5 |
| 第二組 | 113 | 113 | 102 | 107 | 79.6 | 113 |
| 第三組 | 107 | 107 | 79.6 | 102 | 68.5 | 113 |
| 平均 | 111.0 | 111.0 | 98.0 | 107.0 | 75.9 | 115.0 |



圖(二十) 文蛤與牡蠣置入 100 mM 氯化鈷溶液後，推算之鈷離子濃度，細直線代表標準差

表(十五) 文蛤與牡蠣處理前後鈷離子濃度下降率

| 處理情況 濃度下降率(%) | 文蛤 | | 牡蠣 | |
|------------------|------|-------|------|-------|
| | 6 小時 | 24 小時 | 6 小時 | 24 小時 |
| 第一組 | -1.7 | 28.3 | -1.7 | -6.7 |
| 第二組 | 8.3 | 28.3 | 3.3 | -1.7 |
| 第三組 | 28.3 | 38.3 | 8.3 | -1.7 |
| 平均 | 11.7 | 31.7 | 3.3 | -3.3 |



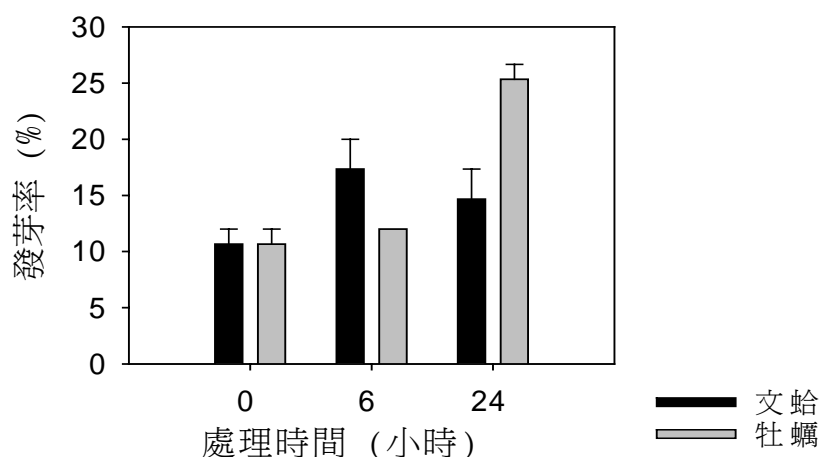
圖(二十一) 文蛤與牡蠣處理前後鈷離子濃度下降率，細直線代表標準差

(四) 文蛤與牡蠣對鉛離子(Pb²⁺)的吸附能力

1. 文蛤與牡蠣分別置入 50 mM 硝酸鉛溶液，將處理 24 小時後的文蛤與牡蠣去殼，觀察其外觀差異，處理後的文蛤與牡蠣顏色變化皆不明顯。
2. 將處理後的硝酸鉛溶液處理綠豆 24 小時，其發芽結果如表(十六)、圖(二十二)。
3. 由表(十六)、圖(二十二)得知，文蛤處理 6 小時和 24 小時後，綠豆發芽率增加約 1.6 倍和 1.4 倍，而牡蠣處理 6 小時與 24 小時後，綠豆發芽率增加約 1.1 倍與 2.4 倍。
4. 利用發芽率與鉛離子濃度相關曲線(發芽率 = 濃度 x (-1.26) + 93.6)，換算處理後鉛離子濃度結果如表(十七)、圖(二十三)。
5. 計算處理後鉛離子濃度下降率如表(十八)、圖(二十四)。
6. 由表(十八)、圖(二十三)、圖(二十四)得知，文蛤在處理 6 與 24 小時後，鉛離子濃度都只有少量的變化，而牡蠣在處理 6 小時後，鉛離子濃度也只有少量的變化，處理 24 小時後，鉛離子濃度也只下降 17.7%，雖然牡蠣的對於鉛離子的吸附能力有比文蛤大一些，但嚴格來說文蛤與牡蠣對於鉛離子的吸附能力都不大。

表(十六) 文蛤與牡蠣置入 50 Mm 硝酸鉛溶液 0、6 與 24 小時後，對綠豆發芽的影響

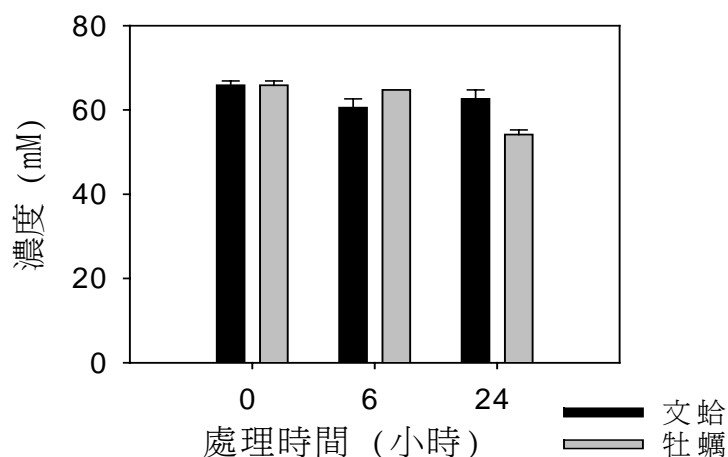
| | 0 小時 | | | | 6 小時 | | | | 24 小時 | | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 文蛤 | | 牡蠣 | | 文蛤 | | 牡蠣 | | 文蛤 | | 牡蠣 | |
| | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) |
| 第一組 | 2 | 8 | 2 | 8 | 3 | 12 | 3 | 12 | 3 | 12 | 6 | 24 |
| 第二組 | 3 | 12 | 3 | 12 | 5 | 20 | 3 | 12 | 3 | 12 | 6 | 24 |
| 第三組 | 3 | 12 | 3 | 12 | 5 | 20 | 3 | 12 | 5 | 20 | 7 | 28 |
| 平均 | 2.7 | 10.7 | 2.7 | 10.7 | 4.3 | 17.3 | 3.0 | 12.0 | 3.7 | 14.7 | 6.3 | 25.3 |



圖(二十二) 文蛤與牡蠣置入 50 Mm 硝酸鉛溶液後，對綠豆發芽的影響，細直線代表標準差

表(十七) 文蛤與牡蠣置入 50 Mm 硝酸鉛溶液 0、6 與 24 小時後，推算之鉛離子濃度

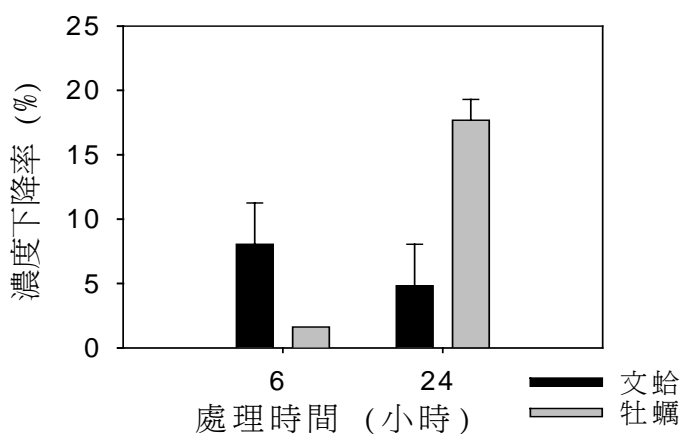
| 處理後濃度 (mM) | 0 小時 | | 6 小時 | | 24 小時 | |
|------------|------|------|------|------|-------|------|
| | 文蛤 | 牡蠣 | 文蛤 | 牡蠣 | 文蛤 | 牡蠣 |
| 第一組 | 67.9 | 67.9 | 64.8 | 64.8 | 64.8 | 55.2 |
| 第二組 | 64.8 | 64.8 | 58.4 | 64.8 | 64.8 | 55.2 |
| 第三組 | 64.8 | 64.8 | 58.4 | 64.8 | 58.4 | 52.1 |
| 平均 | 65.8 | 65.8 | 61.0 | 64.8 | 62.6 | 54.2 |



圖(二十三) 文蛤與牡蠣置入 50 Mm 硝酸鉛溶液後，推算之鉛離子濃度，細直線代表標準差

表(十八) 文蛤與牡蠣處理前後鉛離子濃度下降率

| 處理情況 \ 濃度下降率(%) | 文蛤 | | 牡蠣 | |
|-----------------|------|-------|------|-------|
| | 6 小時 | 24 小時 | 6 小時 | 24 小時 |
| 第一組 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 16.1 |
| 第二組 | 11.3 | 1.6 | 1.6 | 16.1 |
| 第三組 | 11.3 | 11.3 | 1.6 | 20.9 |
| 平均 | 8.0 | 4.8 | 1.6 | 17.7 |



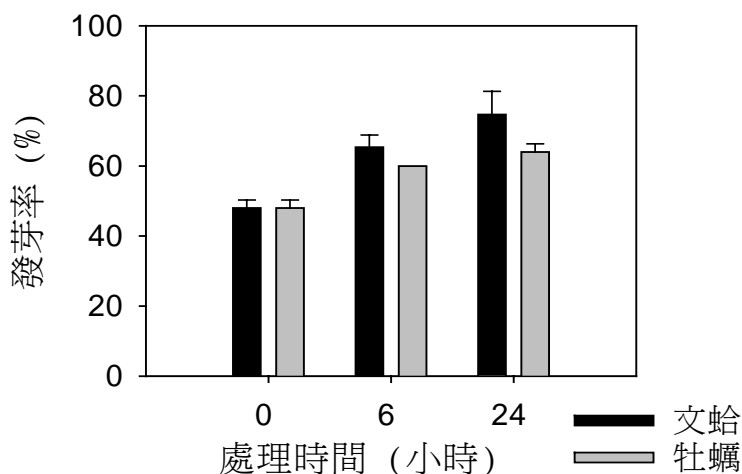
圖(二十四) 文蛤與牡蠣處理前後鉛離子濃度下降率，細直線代表標準差

(五) 文蛤與牡蠣對鎳離子(Ni²⁺)的吸附能力

1. 文蛤與牡蠣分別置入 50mM 氯化鎳溶液，將處理 24 小時後的文蛤與牡蠣去殼，觀察其外觀差異，處理後的文蛤與牡蠣顏色變化皆不明顯。
2. 將處理後的氯化鎳溶液處理綠豆 24 小時，其發芽結果如表(十九)、圖(二十五)。
3. 由表(十九)、圖(二十五)得知，文蛤處理 6 小時和 24 小時後，綠豆發芽率增加約 1.4 倍和 1.6 倍，而牡蠣處理 6 小時和 24 小時後，綠豆發芽率都增加約 1.3 倍。
4. 利用發芽率與鎳離子濃度相關曲線(發芽率 = 濃度 x (-0.96) + 104)，換算處理後鎳離子濃度結果如表(二十)、圖(二十六)。
5. 計算處理後鎳離子濃度下降率如表(二十一)、圖(二十七)。
6. 由表(二十一)、圖(二十六)、圖(二十七)得知，文蛤在處理 6 小時後，鎳離子濃度下降 31.0%，處理 24 小時後，鎳離子濃度下降 47.6%，而牡蠣在處理 6 與 24 小時後，鎳離子濃度下降都不到 30%，因此文蛤對於鎳離子的吸附能力較牡蠣大。

表(十九) 文蛤與牡蠣置入 50 Mm 氯化鎳溶液 0、6 與 24 小時後，對綠豆發芽的影響

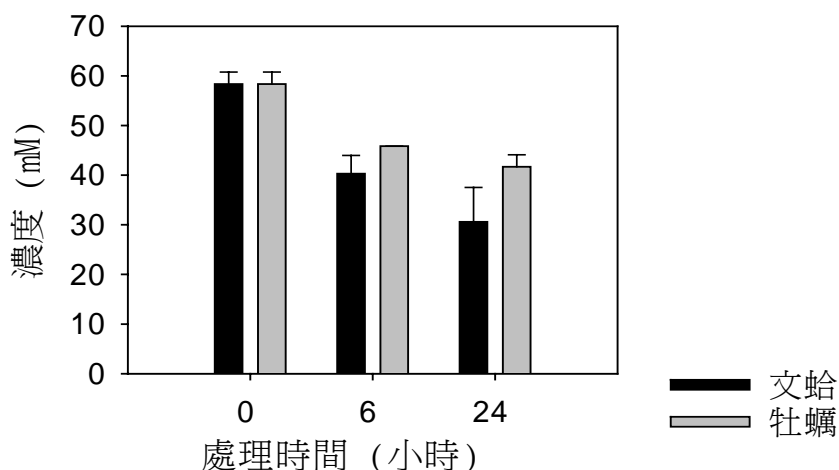
| | 0 小時 | | | | 6 小時 | | | | 24 小時 | | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 文蛤 | | 牡蠣 | | 文蛤 | | 牡蠣 | | 文蛤 | | 牡蠣 | |
| | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) | 發芽數 (顆) | 發芽率 (%) |
| 第一組 | 11 | 44 | 11 | 44 | 15 | 60 | 15 | 60 | 17 | 68 | 15 | 60 |
| 第二組 | 12 | 48 | 12 | 48 | 16 | 64 | 15 | 60 | 17 | 68 | 16 | 64 |
| 第三組 | 13 | 52 | 13 | 52 | 18 | 72 | 15 | 60 | 22 | 88 | 17 | 68 |
| 平均 | 12.0 | 48.0 | 12.0 | 48.0 | 16.3 | 65.3 | 15.0 | 60.0 | 18.7 | 74.7 | 16.0 | 64.0 |



圖(二十五) 文蛤與牡蠣置入 50 Mm 氯化鎳溶液後，對綠豆發芽的影響，細直線代表標準差

表(二十) 文蛤與牡蠣置入 50 Mm 氯化鎳溶液 0、6 與 24 小時後，推算之鎳離子濃度

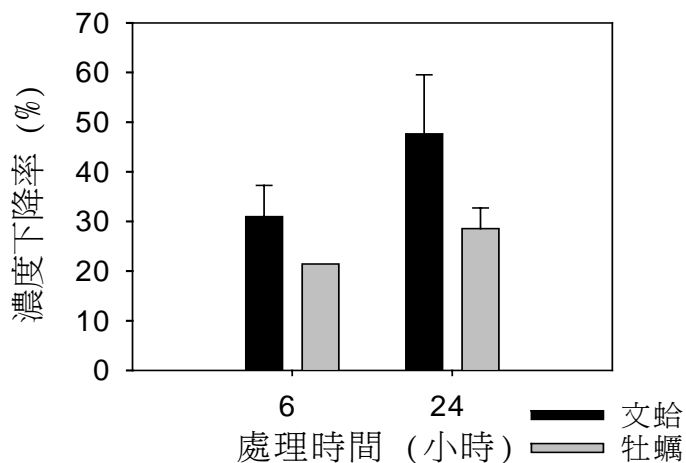
| 處理後濃度 (Mm) | 0 小時 | | 6 小時 | | 24 小時 | |
|------------|------|------|------|------|-------|------|
| | 文蛤 | 牡蠣 | 文蛤 | 牡蠣 | 文蛤 | 牡蠣 |
| 第一組 | 62.5 | 62.5 | 45.8 | 45.8 | 37.5 | 45.8 |
| 第二組 | 58.3 | 58.3 | 41.7 | 45.8 | 37.5 | 41.7 |
| 第三組 | 54.2 | 54.2 | 33.3 | 45.8 | 16.7 | 37.5 |
| 平均 | 58.3 | 58.3 | 40.0 | 45.8 | 30.6 | 41.7 |



圖(二十六) 文蛤與牡蠣置入 50 Mm 氯化鎳溶液後，推算之鎳離子濃度，細直線代表標準差

表(二十一) 文蛤與牡蠣處理前後鎳離子濃度下降率

| 處理情況 \ 濃度下降率(%) | 文蛤 | | 牡蠣 | |
|-----------------|------|-------|------|-------|
| | 6 小時 | 24 小時 | 6 小時 | 24 小時 |
| 第一組 | 42.9 | 35.7 | 21.4 | 35.7 |
| 第二組 | 28.6 | 35.7 | 21.4 | 28.6 |
| 第三組 | 21.4 | 71.4 | 21.4 | 21.4 |
| 平均 | 31.0 | 47.6 | 21.4 | 28.6 |



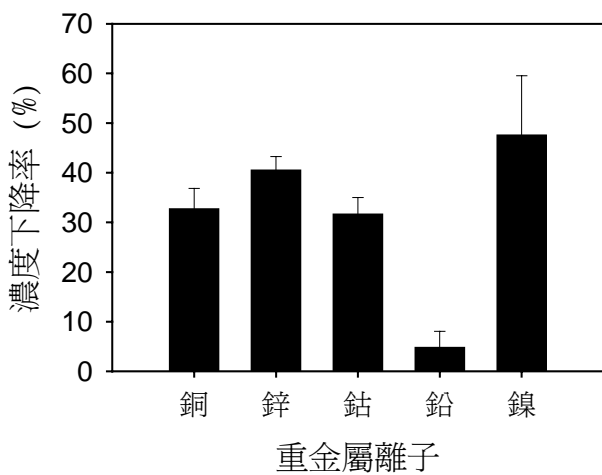
圖(二十七) 文蛤與牡蠣處理前後鎳離子濃度下降率，細直線代表標準差

(六) 比較文蛤與牡蠣對五種重金屬吸附能力的差異

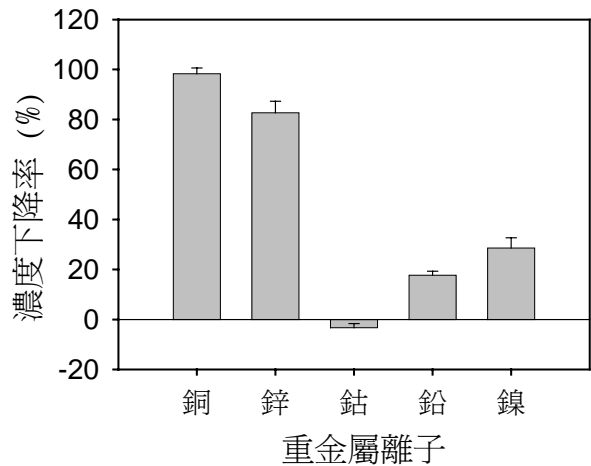
1. 比較文蛤與牡蠣置入重金屬溶液中處理 24 小時後，重金屬濃度下降率如表(二十二)、圖(二十八)、圖(二十九)。
2. 由表(二十二)、圖(二十八)得知，文蛤對於的銅、鋅、鈷、鎳離子的吸附能力皆明顯，只有對於鉛離子的吸附能力較差；由表(二十二)、圖(二十九)得知，牡蠣對於銅、鋅離子的吸附能力較大，對於鉛、鎳離子吸附能力較小，而對於鈷離子幾乎沒有吸附能力。

表(二十二) 文蛤與牡蠣置入重金屬溶液中處理 24 小時後，重金屬濃度下降率

| | 文蛤 | | | | | 牡蠣 | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | 銅 | 鋅 | 鈷 | 鉛 | 鎳 | 銅 | 鋅 | 鈷 | 鉛 | 鎳 |
| 第一組 | 25.8 | 35.9 | 28.3 | 1.6 | 35.7 | 103.0 | 78.0 | -6.7 | 16.1 | 35.7 |
| 第二組 | 32.8 | 40.5 | 28.3 | 1.6 | 35.7 | 96.0 | 78.0 | -1.7 | 16.1 | 28.6 |
| 第三組 | 39.8 | 45.2 | 38.3 | 11.3 | 71.4 | 96.0 | 92.0 | -1.7 | 20.9 | 21.4 |
| 平均 | 32.8 | 40.5 | 31.7 | 4.8 | 47.6 | 98.3 | 82.6 | -3.3 | 17.7 | 28.6 |



圖(二十八) 文蛤置入重金屬溶液中處理 24 小時後，重金屬濃度下降率，細直線代表標準差



圖(二十九) 牡蠣置入重金屬溶液中處理 24 小時後，重金屬濃度下降率，細直線代表標準差

柒、討論

一、重金屬對綠豆發芽率的影響

種子於發芽過程中只要給予種子適合的環境，如充足的水分、氧氣、溫度就可以順利的發芽，而不需要給予任何的養分，因為種子內已經儲存種子發芽所需的養分，如澱粉，但是種子發芽前需要將澱粉轉化成可以利用的醣類，而這些轉換過程需要一些酵素的幫忙，而在胚芽的生長也是需要許多酵素的參與(李,1999)。如果將種子浸泡在重金屬的溶液中，重金屬離子可能會直接或間接地破壞這些轉換的酵素，使種子無法得到可以利用的養分，而重金屬離子也可能會破壞種子細胞的構造，如細胞膜，使得種子無法正常地發育，這些都是降低種子發芽率的可能原因。

二、文蛤與牡蠣對於重金屬的吸附能力

文蛤與牡蠣屬於軟體動物門、雙殼綱的水生生物，體內長有水管，用來呼吸和濾食(邵,1998；陳,2002)，靠過濾水中懸浮性有機物而生存，水中的懸浮物質會吸附一些污染物，如：重金屬或有毒物質，這些懸浮物質會被濾食性生物濾過而集中在體內，造成過量累積，其濃度往往是水中數千倍或數萬倍。

我們的實驗結果也發現將文蛤與牡蠣置於重金屬溶液一段時間後，溶液中重金屬離子濃度有下降的趨勢，推測應該是重金屬離子吸附在這些濾食性動物體內，而文蛤與牡蠣對於不同的重金屬吸附能力也有差異，可能是因為不同重金屬與生物細胞表面或細胞體內物質結合的能力不同所致。

三、生物檢測法

本實驗另一個重要的收穫，是我們使用生物檢測方式，利用重金屬濃度與綠豆發芽率的關係，來估測重金屬含量，由實驗結果我們可以得知重金屬濃度與綠豆發芽率有明顯的負相關，也就是重金屬濃度愈高，綠豆發芽率愈低，利用推算的相關曲線，由綠豆發芽率來估算重金屬濃度，不需要使用精密又昂貴的儀器就可以大約估算重金屬濃度，是一個簡單又經濟的檢測方法。

捌、結論

一、重金屬對綠豆發芽率的影響

重金屬溶液濃度愈高，綠豆的發芽率愈低，而銅離子對於綠豆發芽率的抑制效果最好，而鈷離子的效果最差。

二、利用綠豆發芽率推測文蛤與牡蠣對重金屬的吸附能力

(一) 文蛤與牡蠣對銅離子(Cu^{2+})的吸附能力

牡蠣對於銅離子的吸附能力較文蛤大。

(二) 文蛤與牡蠣對鋅離子(Zn^{2+})的吸附能力

牡蠣對於鋅離子的吸附能力較文蛤大。

(三) 文蛤與牡蠣對鈷離子(Co^{2+})的吸附能力

文蛤對於鈷離子的吸附能力較牡蠣大。

(四) 文蛤與牡蠣對鉛離子(Pb^{2+})的吸附能力

嚴格來說文蛤與牡蠣對於鉛離子的吸附能力都不大。

(五) 文蛤與牡蠣對鎳離子(Ni^{2+})的吸附能

此文蛤對於鎳離子的吸附能力較牡蠣大。

(六)比較文蛤與牡蠣對於五種重金屬吸附能力的差異

文蛤對於的銅、鋅、鈷、鎳離子的吸附能力皆明顯，只有對於鉛離子的吸附能力較差；牡蠣對於銅、鋅離子的吸附能力較大，對於鉛、鎳離子吸附能力較小，而對於鈷離子幾乎沒有吸附能力。

玖、應用與展望

過去科學家專注於植物復育或微生物復育的研究，是指使用植物或微生物去除受污染的土壤及地下水，以降低土壤和水中污染物，如重金屬、放射性物質或有毒物質；而由我們的實驗結果可以證實，濾食性生物對於重金屬的吸附有明顯的效果，所以若將重金屬吸附能力強的生物，置入重金屬污水中，那就可以當作是一個有效的重金屬的生物濾水器，可以降低水中的重金屬污染，達到生物復育的作用。

本實驗在文蛤與牡蠣的處理，除了重金屬濃度的改變之外，其他的實驗條件都是固定的，若繼續探討在怎樣的環境條件中，濾食性生物對於重金屬的吸附效果最佳，例如鹽度、溫度等因素，將可以使本實驗結果更加具應用價值。

拾、參考資料

- 一、李家維等編譯，1999。生物學，偉明書局，第三十四章，p758-760
- 二、邵廣昭等人，1998，海洋生物漫談，台灣書店，p145-146。

- 三、陳育賢，2002，海岸生物(三)-台灣海岸生態導覽，渡假出版社，p.201。
- 四、郭重吉主編，2003，國民中學自然與生活科技(1)，南一書局，第五章，p131。
- 五、http://www.cju.edu.tw/erhjin/Introduce/Gray_Pollute.htm (二仁溪污染現況)

評語

030314 國中組生物科 第三名

生物濾水器—重金屬的吸附能力

1. 實驗設計完整，數據取得甚佳。
2. 有推展性，但未發揮。