

宜蘭高中 98 學年度學生數理自然科學專題研究

題目：

毒蚓-惡劣環境對顫蚓的影響

指導老師：

鄭雅玲

學生：

吳兆融

林勳暉

林芳誼

陳旻恩

毒 蚓---惡劣環境對顫蚓的影響

指導老師： 鄭雅玲

研究學生：11303 吳兆融

11309 林勳暉

11324 林芳誼

11327 陳旻恩

關鍵詞： 顫蚓、重金屬汙染、適應

背景知識：

顫蚓是什麼？

顫蚓俗稱紅蟲，泛指環節動物門貧毛綱顫蚓科(Tubificidae)的水生蚯蚓，常見於河川中下游有機物質含量高的泥灘地。牠們為雌雄同體、異體授精的種類，體型細長且較陸生蚯蚓小，體長約 1~3cm，體寬直徑小於 0.5cm，牠們將頭埋在泥巴下吃有機碎屑，利用尾巴在水中擺動，增加氧氣吸收，所以在溶氧量極低的河底也可以生活，也因此被稱為顫蚓，諸如霍甫水絲蚓(*Limnodrilus hoffmeisteri*)、中華擬顫蚓(*Rhyacodrilus sinicus*)及正顫蚓(*Tubifex tubifex*)等種類，皆統稱為顫蚓。

顫蚓在重金屬環境中的因應之道

顫蚓的尾部有較多的溶小體，可以吸收更多的金屬儲存隔離在尾部的表皮細胞或腸道的上皮組織間。當金屬累積儲存到一定濃度時，尾端體節與體節之間的隔膜處便會凹陷裂開，將尾部自割，一般自割的長度可達體長的 1/3 或 1/4，這種現象在其他種類也有發現，如正顫蚓(Lucan-Bouche 1999)。由於顫蚓有很強的再生能力，因此，自割後經過約兩個星期的時間，可以再生新的尾巴，並不會造成傷害，而斷掉的尾巴會皺縮成念珠狀退化消失，不會變成另一個新的個體。

在金屬污染區生長的顫蚓，可以利用金屬硫蛋白及金屬顆粒的形成，達到解除金屬毒性的作用。但離金屬污染區相距不到 1.3 km，未受到金屬污染處生長的顫蚓，只有金屬硫蛋白的解毒機制，沒有金屬顆粒沉積在組織間。而在污染區生長的顫蚓金屬累積量是未受污染區的 4 倍，這顯示，污染區顫蚓形成金屬顆粒的機制，提高了他們忍受高濃度重金屬污染的能力。

顫蚓 — 河川的金屬過濾器

顫蚓就好像河川裡高效率的金屬過濾器，可以將溶解在水中的重金屬固定於體內形成顆粒，這些金屬顆粒再隨著捕食者的糞便，或是顫蚓自割退化的尾巴沉降到底質中，這不只減少了水體中的有毒金屬，也使得污染區的食物鏈濃縮效應嚴重性減小。

摘要：

各位在受污染的臭水溝中，是否曾看到成群紅色的，正在扭動的東西呢？那其中有些是顫蚓，有些是搖蚊幼蟲，統稱為紅蟲，兩者皆能在惡劣水質環境中生存，其對惡劣環境的耐受度旗鼓相當，但由於搖蚊幼蟲生長約 4 周後，便會化為蛹，接著羽化，需要時常取得，而且顫蚓數量相對較多，故選擇此做實驗。在特生中心的介紹中，顫蚓能夠吸收重金屬，並轉化，接著貯存在尾部，待量太多時，再斷尾。這次實驗探討的是顫蚓生理耐受度，利用不同的溫度、酸鹼，及不同濃度的重金屬溶液等方面來觀察，並探討顫蚓在不同環境下的生理變化，經由實驗，我們發現顫蚓的酸鹼忍受範圍非常的廣，這或許為其能在高污染環境存活的關鍵之一，而其對重金屬也有某種程度的耐受度，故或許其真能以斷尾排除重金屬。

一、 研究動機：

高一的生物課中，老師曾在課堂上提及，不同污染程度的環境有不同的指標生物。而在這之中，我們注意到了鮮少聽見的生物——顫蚓，牠們處理體內過多重金屬的方式——斷尾，更是引起我們對顫蚓的興趣，同時也開始思考牠們適合的生存環境？牠們能夠承受多高的重金屬污染？除此之外，我們也想了解牠們由什麼物質獲取養分，以及斷尾的機制。因此，我們開始著手探討這些問題。

二、 研究目的：

1. 不同溫度下，顫蚓的活動情形。
2. 不同酸鹼度中，顫蚓能夠存活的情形。
3. 不同濃度的重金屬溶液對顫蚓的危害。

三、 研究設備及器材：

實驗器材			
滴管	飼養箱	篩子	培養皿
幫浦	解剖針	生物採集瓶	燒杯
試管	電子加熱器	顯微鏡	蓋玻片、載玻片
GLX	PH 計	溶氧測定儀	碼錶
電子溫度計	洗瓶	可調式微量吸管	
實驗藥品			
鹽酸	氫氧化鈉	重金屬鋅溶液	重金屬銅溶液
蒸餾水	洋菜粉		

四、 研究流程及方法：



註：顫蚓來源，取自於五結鄉利澤托兒所方圓三百公尺處溝渠

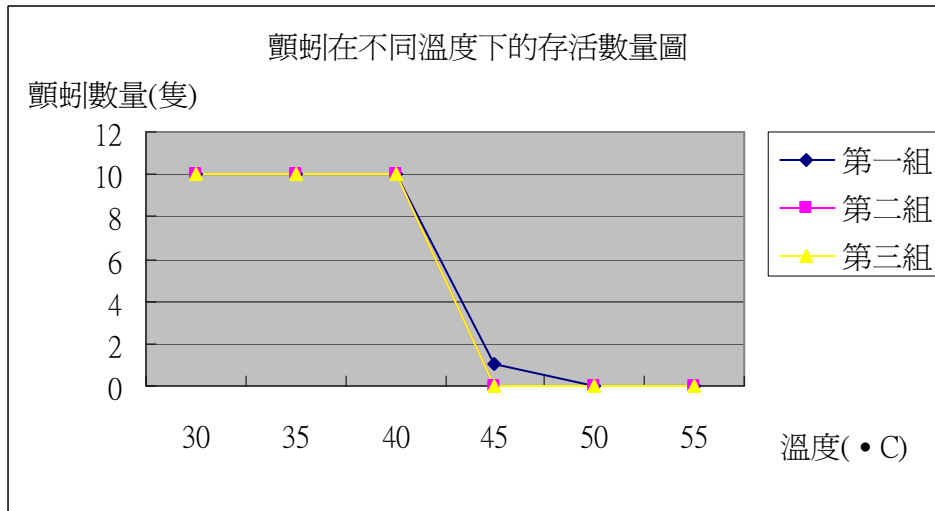
五、 研究內容：

1. 不同溫度下，顫蚓的活動情形

原始水溫：25°C±0.3

各試管的顫蚓數量：10 隻

各試管水量：3.5ml



顫蚓在不同溫度下的存活情形

未溫	30°C±1	35°C±1	40°C±1	45°C±1	50°C±1	55°C±1
恆溫五分 後，顫蚓 的存活數 量及活動 情形	10/10 活動力增 強	10/10 活動力旺 盛	10/10 活動力旺 盛	1/10 活動力降 低，至死	0/10 全部死亡	0/10 全部死亡
	10/10 活動力增 強	10/10 活動力旺 盛	10/10 活動力旺 盛	0/10 活動力降 低，至死	0/10 全部死亡	0/10 全部死亡
	10/10 活動力增 強	10/10 活動力旺 盛	10/10 活動力旺 盛	0/10 活動力降 低，至死	0/10 全部死亡	0/10 全部死亡

實驗結果：

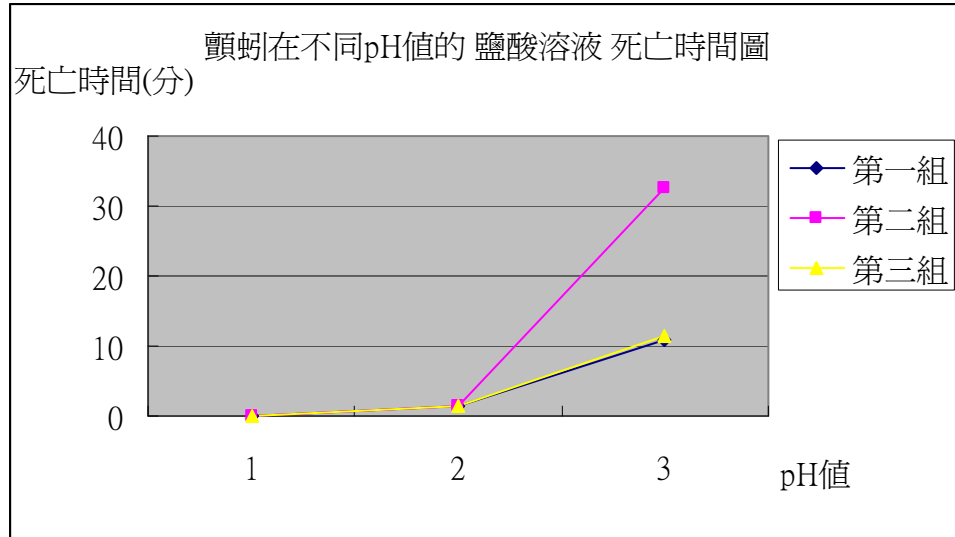
顫蚓的活動力約在人體體溫時最為旺盛，20°C~30°C時，很少活動；至大約40°C時，開始掙扎；約43°C時，便逐漸死亡。

2. 不同酸鹼度中，顫蚓能夠存活的情形

(1) 在不同濃度的鹽酸溶液中

各試管的顫蚓數量：3 隻





各試管溶液量：5ml



由於在 pH 值 4 以上時，顫蚓皆能存活，因此不標示於上圖。

顫蚓在不同濃度的鹽酸溶液下存活情形

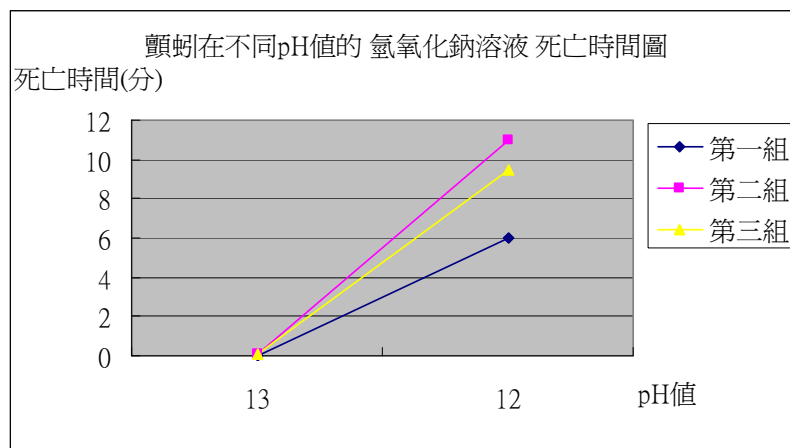
濃度 [H ⁺]	顫蚓的存活情形			平均死亡時間	圖片
10 ⁻¹ M	0/3 瞬間死亡	0/3 瞬間死亡	0/3 瞬間死亡	0 秒	
10 ⁻² M	0/3 2 分死亡	0/3 1 分死亡	0/3 1.5 分死亡	1.5 分	
10 ⁻³ M	0/3 11 分死亡	0/3 32.5 分死亡	0/3 11.5 分死亡	18.3 分	

$10^{-4}M$	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活	無	
$10^{-5}M$	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活	無	
$10^{-6}M$	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活	無	
$10^{-7}M$	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活	無	

(2) 在不同濃度的氫氧化鈉溶液中






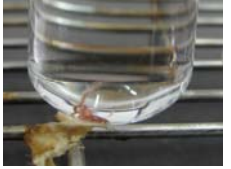

各試管的顫蚓數量：3 隻

各試管溶液量：5ml



由於在 pH 值 11 以下時，顫蚓皆能存活，因此不標示於上圖。

顫蚓在不同濃度的氫氧化鈉溶液下存活情形

濃度 [OH ⁻]	10 ⁻¹ M	10 ⁻² M	10 ⁻³ M	10 ⁻⁴ M	10 ⁻⁵ M	10 ⁻⁶ M	10 ⁻⁷ M
顫蚓的 存活情形	0/3 瞬間死亡	0/3 6分死亡	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活
	0/3 5秒死亡	0/3 11分死亡	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活
	0/3 5秒死亡	0/3 9.5分死亡	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活	3/3 全數存活
平均死亡時間	3.3秒	8.8分	無	無	無	無	無
圖 片	 <p>10⁻¹M</p>		 <p>10⁻²M</p>		 <p>10⁻³M</p>		
	 <p>10⁻⁴M</p>	 <p>10⁻⁵M</p>	 <p>10⁻⁶M</p>	 <p>10⁻⁷M</p>			

實驗結果：

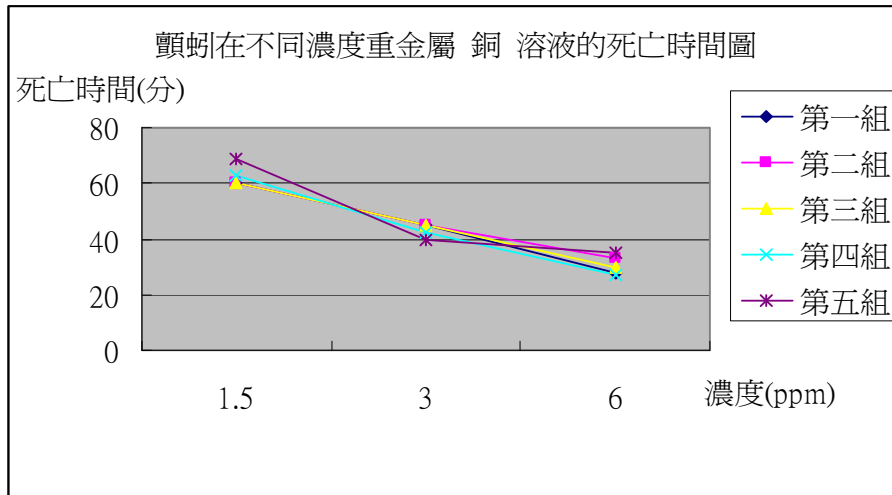
顫蚓在酸鹼中可適應的範圍十分的大，和我們預期的值有落差，因為當初在牠們原始的生存環境測到的是 pH4.5，由此表示，顫蚓也可生存在鹼性的環境中。

3. 不同濃度的重金屬溶液對顫蚓的危害

(1)不同濃度的重金屬銅溶液中

各試管的顫蚓數量：3 隻

各試管溶液量：5ml



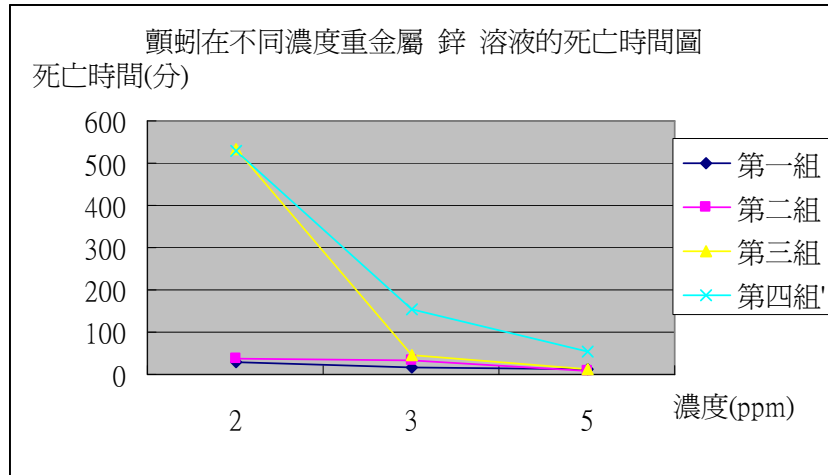
顫蚓在不同濃度的重金屬銅溶液下存活情形

濃度	1.5ppm	3.0ppm	6.0ppm
顫蚓的存活時間及比率	0/3 1 小時死亡	0/3 45 分死亡	0/3 28 分死亡
	0/3 1 小時死亡	0/3 45 分死亡	0/3 33 分死亡
	0/3 1 小時死亡	0/3 45 分死亡	0/3 30 分死亡
	0/3 1 小時死亡	0/3 45 分死亡	0/3 30 分死亡
	0/3 1 小時死亡	0/3 45 分死亡	0/3 30 分死亡
平均死亡時間	1 小時	45 分	30 分
圖片			

(2)不同濃度的重金屬鋅溶液中

各試管的顫蚓數量：3 隻

各試管溶液：5ml



由於在 1ppm 時，顫蚓皆能存活，因此不標示於上圖。

顫蚓在不同濃度的重金屬鋅溶液下存活情形

濃度	1.0ppm	2.0ppm	3.0ppm	5.0ppm
顫蚓的存活時間及比率	3/3 全數存活	0/3 29 分死亡	0/3 17 分死亡	0/3 10.5 分死亡
	3/3 全數存活	0/3 36 分死亡	0/3 34 分死亡	0/3 7 分死亡
	3/3 全數存活	0/3 8.9 小時死亡	0/3 45 分死亡	0/3 11 分死亡
	3/3 全數存活	0/3 8.6 小時死亡	0/3 2.55 小時死亡	0/3 53 分死亡
平均死亡時間	無	6 小時死亡	52.8 分死亡	20 分 15 秒死亡
圖片				

實驗結果：

顫蚓對於銅和鋅溶液的適應程度，和其金屬溶液的濃度有關，也和其金屬的毒性有關，越濃的溶液及越毒的金屬，越易讓顫蚓無法在短時間內排除體內的重金屬而死亡。

六、 延伸討論：

1. 於實驗一（顫蚓在不同溫度下的活動情形）中，由於 20 度為室溫，故不實驗。我們於實驗中，觀察到顫蚓能適應 20~42°C 的環境溫度，但超過 42°C 時，顫蚓便掙扎而死，觀察試管內的顫蚓屍體，我們發現顫蚓身體的鮮紅逐漸退去，並轉為黃色、透明狀，而且斷裂，根據資料，生物能夠生活在蛋白質變性的溫度以下，故顫蚓體內的蛋白質變性後，體表的細胞分解，造成破壞性的結構變化。
2. 實驗二（顫蚓於不同酸鹼值的適應情形）中，於濃度為 10^{-1} ~ 10^{-3} M 的鹽酸溶液，及濃度為 10^{-1} ~ 10^{-2} M 的氫氧化鈉溶液中，顫蚓較容易死亡，隨著濃度愈高，死亡的便愈快，並且有被分解的現象，而此現象在 10^{-1} M 的氫氧化鈉溶液中最為明顯，成條的顫蚓被腐蝕為黃色的透明液體及碎屑殘渣，顯示顫蚓亦不能在高腐蝕性的溶液內存活，但與鹽酸不同的是，顫蚓能夠存活於 10^{-2} M 的氫氧化鈉相對於鹽酸溶液較多的時間，但這與我們原本估計的情形不同，我們原本認為其耐酸但略不耐鹼，顯示顫蚓可能耐鹼性較耐酸性強。
3. 實驗三（不同重金屬濃度對顫蚓的危害）中，我們根據環保署提供的放流水標準調製溶液，銅的標準為 3ppm，鋅為 5ppm，可推測重金屬鋅的毒性較重金屬銅低。與實驗二不同的是，結果並非瞬間性的，而是需要相對長的時間，是因為重金屬影響顫蚓為體內的生化反應，而酸鹼為腐蝕性溶液，直接影響到顫蚓的表皮，並滲入內部腐蝕；但與實驗二相同的是，濃度越高，顫蚓死亡的時間越短。顫蚓於重金屬溶液中，初放入時，活動力與正常水質無異，但隨著時間愈長，顫蚓活動漸漸虛弱，進而死亡，由於在重金屬溶液中，顫蚓亦吸收重金屬於體內，但由於量過多，以至於無法排除，造成體內生化機能喪失；但在濃度較低的重金屬溶液，如 1ppm 的溶液，顫蚓並無死亡，顯示顫蚓能夠承受某種程度的重金屬溶液，且在 1ppm 內的顫蚓，實驗過後，我們仍將之留在重金屬溶液內，仍無死亡。

七、 結論：

1. 顫蚓在不同的溫度下，我們發現顫蚓大約在人體體溫的時候活動力最好，而大約在 40°C 時會開始掙扎，至 43°C 時，便逐漸開始死亡，或許是溫度過高，造成顫蚓體內產生化學變化，而死亡。
2. 在 pH1 的時候，顫蚓一碰到溶液便瞬間死亡，且屍體成浮腫狀態；自 pH4 開始，便可和在原先的生存環境中一樣自在地生長；直到 pH12 時，才又逐漸死亡，而其耐鹼性相對於耐酸性強。
3. 於重金屬對顫蚓的影響中，顫蚓能夠長期承受 1ppm 鋅的溶液，顯示顫蚓能夠承受某種程度的重金屬，並且長期存活於其中而不致死亡。

八、 未來展望：

1. 尋找除了五結鄉利澤托兒所附近，是否仍有其他的顫蚓棲地，並分析其棲地及所含顫蚓不同處。
2. 尋求鄰近大學幫助，分析我們所取得的顫蚓種類，並尋求得更精細的實驗數據，以增加實驗準確度。
3. 了解除了重金屬外，顫蚓尚能耐何種有毒物質。
4. 設計新的實驗，培養更耐重金屬的顫蚓，並進一步探討顫蚓的斷尾機制，並了解其吸收重金屬的機制，加以培養利用。

九、 參考資料：

環保署----放流水標準

<http://www.epa.gov.tw/ch/SitePath.aspx?busin=235&path=527&list=527>

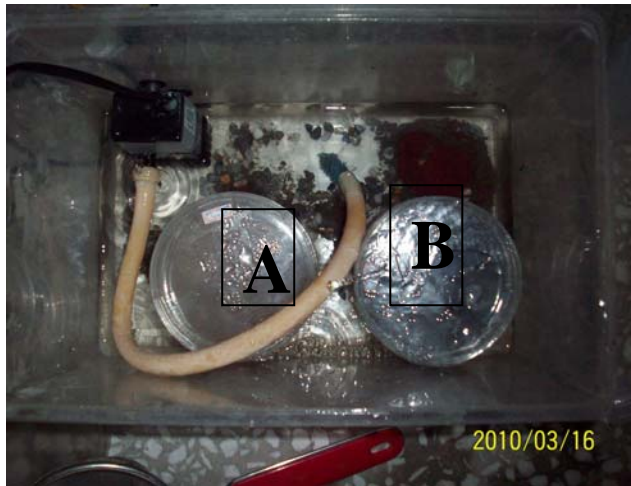
特有生物研究保育中心

<http://nature.tesri.gov.tw/tesriusr/internet/natshow.cfm?IDNo=742>

歷屆科展資料

補充:顫蚓於洋菜凍生存概況

於寒假時，我們根據中山大學的實驗，以洋菜凍作為培養基，放入培養皿中，以培養顫蚓，但與中山大學不同的是我們以整塊的洋菜凍加碎土塊，每個培養皿各放置三隻顫蚓個體直接培養，並堆放成疊，以幫浦汲水自成疊的培養皿上流下(如圖一)，來模仿顫蚓原生環境並維持培養皿中之溶氧量。由於初不熟悉，有諸多失敗的果凍成品，最後發現，洋菜凍須煮滾，再予冷卻才會結塊。



(圖一) 下為不同配方的洋菜凍 A\B 層數(由下而上)
(水加洋菜粉重\洋菜重\土重) (單位:g)

在此分為：

土與洋菜粉一起煮的，外觀較灰，是由於土壤與洋菜粉均勻混合所導致。



A5 (40\0.4\0.3) A4 (30\0.3\0.4)

洋菜粉煮好後，再放予碎土塊



B3 (30\0.2\0.5) A1 (30\0.3\0.0) B4 (30\0.3\0.2) B2 (40\0.2\0.4)



A2 (30\0.4\0.3) B1 (30\0.3\0.05) B5 (40\0.2\0.4) A3 (30\0.3\0.3)

每個洋菜凍以滴管戳十個孔，以方便顫蚓鑽入，但由於培養皿與蓋子間有縫隙，使得顫蚓能夠爬出培養皿，並爬到另一盒培養皿中。

由此實驗可以發現，顫蚓適合於流動水域生存，在底部的培養皿，如 A1 及 B1，內部無顫蚓個體，其餘的多半兩隻以上，由此可見顫蚓可能須於流動水域生存。而在 A3 及其他培養皿中，發現土塊會使周圍洋菜凍變成透明的黑色，而 A3 中也同時只有一隻顫蚓，此現象對顫蚓可能有害，但對顫蚓有甚麼影響，目前尚未明瞭。