

臺灣二〇〇七年國際科學展覽會

科 別：動物學

作 品 名 稱：小魚接招--不同因子對朱文錦環境偏好的影響

學校 / 作者：臺北市立中山女子高級中學 洪于涵
臺北市立中山女子高級中學 李怡臻

自我介紹



我們是洪于涵(左)和李怡臻(右)，常常在一起做實驗與分享生活中的一切樂趣。一起解剖過文蛤與蟑螂，我們還將解剖完的標本用生物的方法畫了下來。也常常利用實驗與課業所剩餘的時間一起討論科學人中的內容，互相交換彼此的想法，就像個小型的讀書會。之前參與過的班遊活動，我們也會留意野外中的動植物，想去證明課本的內容是否正確。我們常在看完一部電影後，利用理性的思維探討劇情的連貫及邏輯性，也會用感性的觀點討論角色的個性與行為，有的時候還會因為彼此的觀點不同而爭論不休呢！我們還有許多共同的興趣，像是排球、吉他、畫畫等等。我們總是喜歡一起探討生活中大大小小的事情，無論是有關科學的、藝術的、甚至是人生的價值觀，藉由相互的辯論與分析，使我們一直不斷的自我成長、自我超越！

作品名稱：小魚接招—不同因子對朱文錦環境偏好的影響

英文標題：The effect of goldfish' environmental preference modulated by different kinds of stress.

英文摘要(Abstract)：

This research analyzes goldfish' (*Carassius auratus*) environmental preference behavior by setting up different environmental color-models to spur goldfish' reactions. It is investigated that pre-conditioned preference of goldfish was stressed by electric shock or high osmotic pressure. We're interested in how stress experience modulate goldfish' exploring behavior and its environmental preference.

Goldfish that prefers brown-colored environment (compared with white) is suitable for being an model animal to investigate fish's environmental preference. Both electric shocks and high osmotic pressure, two different kinds of stress, can affect goldfish' behavior. It shows that fish have the ability to learn and memorize the stress experience. Besides, different stress has different effects on fish' environmental preference behavior. It proves that there are complicated interactions among environmental stimulus, memories of stress and behavior caused by different kinds of stress.

中文摘要：

本研究利用環境色彩特徵的差異，建立朱文錦(*Carassius auratus*)環境偏好行為之動物模式，探討不同逆境刺激經驗(施予電擊或高滲透壓環境)，與魚類環境偏好行為的交互作用，以研究魚類的逆境經驗，是否可形成記憶，並影響其行為。我們發現朱文錦偏好土色環境(相對於白色環境)，適合作為探討魚類對環境偏好的實驗動物。電擊與高滲透壓兩種不同性質的逆境經驗，皆可影響朱文錦的環境偏好，顯示魚類具有記憶逆境環境的學習能力。此外，不同性質的逆境經驗，對魚類的環境偏好行為具有不同的影響。證明「環境刺激—經驗(記憶)—行為表現」三者之間具複雜的交互作用。

壹、前言

一、研究動機

在夜市看到小朋友拿網子撈朱文錦，魚看到網子後會快速逃開，魚在經驗中學習而有此反應並不奇怪，但我們感到好奇的是魚依照什麼樣的機制而產生如此的行為呢？在查閱相關資料後，發現生物可能是透過古典制約的模式而產生這種行為反應，但前人的研究多為比較不同間隔的連續刺激，對其學習與記憶的影響，或研究記憶形成的機制與特性，卻鮮少討論刺激因子的強弱與其他性質，會對實驗動物的記憶與行為產生什麼樣的影響。另外，若實驗動物本身具有偏好(如偏好某種棲地或表現某種行為)，逆境刺激的經驗對其記憶與行為有會有何種交互作用？這是我們感興趣的問題。

二、研究目的

本研究利用環境色彩特徵的差異，及逆境刺激的經驗，進行朱文錦逆境經驗(記憶)調節環境偏好之選擇行為的研究，並以電擊及高滲透壓兩種不同的處理，觀察不同性質的逆境刺激經驗，對其環境偏好行為的影響。我們所要探討的問題如下：

- (一)、朱文錦對環境的顏色是否具有偏好？
- (二)、朱文錦是否會因逆境刺激(電擊與高滲透壓環境)的經驗，產生制約學習，而改變對環境的偏好？
- (三)、若朱文錦的逆境經驗對環境偏好具有的影響，其效果可維持多久？
- (四)、不同性質的逆境刺激，對朱文錦環境偏好的影響效果是否一致？

貳、材料與方法

一、實驗動物

向水族店購買的朱文錦(*Carassius auratus*，圖一)，飼養於水族缸，水溫 25~28°C，每週提供足夠飼料並定期換水清洗。實驗動物至少於水族缸中馴養一個星期，挑選體色健康無傷口的個體進行實驗，實驗後的動物細心飼養，不再用於實驗研究。



圖一 朱文錦(*Carassius auratus*)

二、研究設備器材

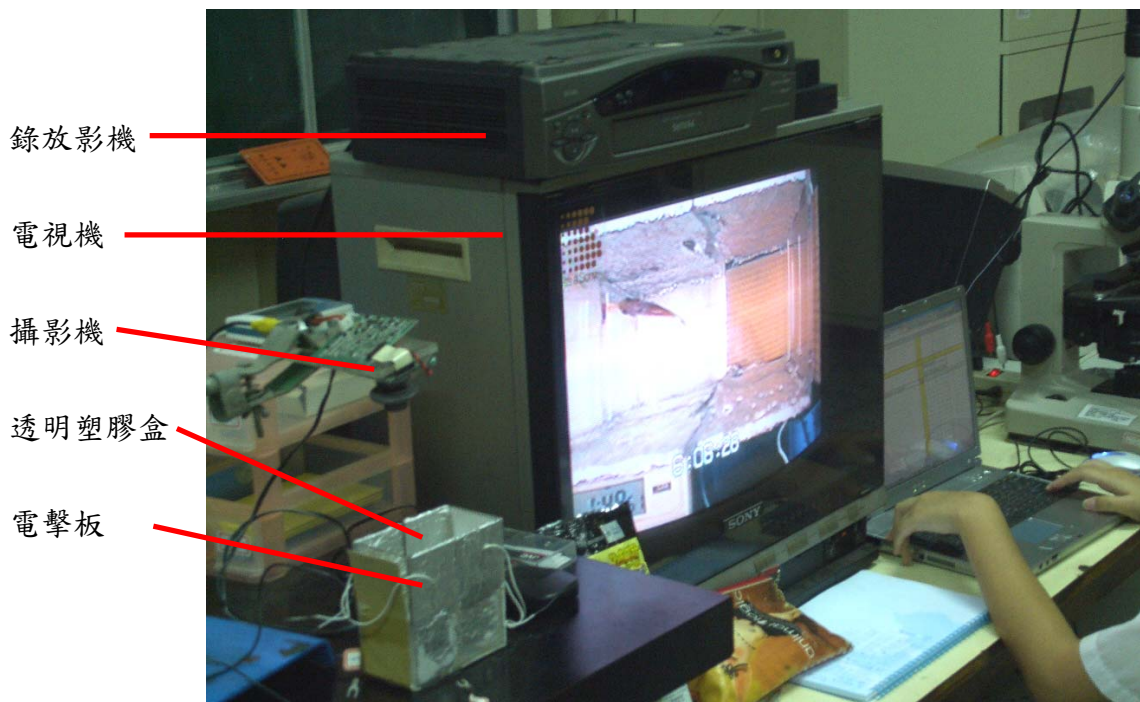
- (一)、長方形塑膠盒(9*5*9 cm)
- (二)、鋁箔紙
- (三)、白色與土色的紙
- (四)、錄放影機
- (五)、錄影設備
- (六)、電擊裝置
- (七)、計時器
- (八)、0.875%氯化鈉溶液(濃度為海水濃度的四分之一)
- (九)、漏斗
- (十)、吸管
- (十一)、橡皮管
- (十二)、燒杯(1L)*2

三、研究方法與步驟

(一)、研究方法

1. 朱文錦對環境的偏好行為：

將透明塑膠盒外表面貼上色紙，分成白色及土色兩個區域，且具有相同的體積。每次將一尾朱文錦隨機放入任一區，以攝影機錄影 2 小時，最後將錄製之影片播放、測量、記錄(圖二)，分析朱文錦對環境的偏好。選用白色和土色當作不同區域背景顏色，為模擬一般魚類生活環境中常見的顏色，土色區域相似於河流中的土質底部，光線比較弱，環境比較暗的區域；而白色區域相似於水體的表層，日光易穿透而明亮。



圖二 播放影片，進行測量、記錄與分析的實驗過程照片。

2. 朱文錦經電擊逆境刺激後(電擊逆境經驗)，對環境偏好行為的影響：

於土區與白區之間以壓克力板隔開，選定其中一個顏色的區域，將朱文錦置入，在該區域內進行 2 分鐘的電擊(12 伏特)，建立朱文錦在該顏色環境的逆境經驗，隨後拿掉壓克力板，觀察朱文錦對環境偏好的行為。

3. 朱文錦於高滲透壓環境，對環境偏好行為的影響：

經前測發現，朱文錦於海水濃度的滲透壓環境中，容易造成傷害而死亡，而四分之一海水濃度，於短期間(兩小時)不會造成魚體傷害，但在行為上可觀察魚體處於逆境(游泳速度與探索行為增加)。如同研究方法 1，但將淡水改以高滲透壓(四分之一海水濃度的氯化鈉溶液)的溶液取代，並以攝影設備記錄兩個小時，分析朱文錦在高滲透壓環境時對環境的偏好行為。實驗後的動物換置於淡水，細心照顧以減少折損，且不再參與實驗。

4. 朱文錦經高滲透壓逆境刺激後(高滲透壓逆境經驗)，對環境偏好行為的影響：

於土區與白區之間以壓克力板隔開，並灌注四分之一海水濃度的氯化鈉溶液，將朱文錦置入其中一個區域(白色或土區)，使魚體於高滲透壓環境裡 2 分鐘，再以 2 公升的淡水將鹽水換置，隨後拿掉壓克力板，以攝影設備記錄兩個小時，觀察朱文錦對環境偏好的行為。

(二)、研究步驟

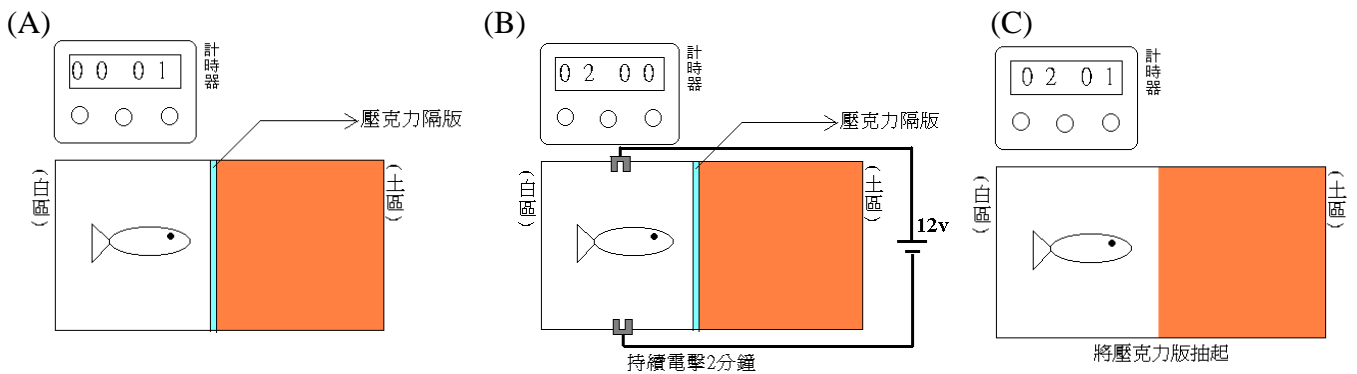
1. 朱文錦對環境的偏好行為：

- (1). 先將長方形的塑膠盒分成兩個區域。
- (2). 分別在兩個區域的外側以及底部貼上白色的紙和土黃色的紙。
- (3). 用壓克力板分隔這兩個區域，隨機將魚體置於土色區或白色區之一。
- (4). 把壓克力板拿起，開始進行兩小時的錄影。
- (5). 分析紀錄的影片，測量魚體由土色區域進入白色區域，與白色區域進入土色區域的時間，記錄的時間以整個魚體進入新的區域為準。最後計算魚體分別停留於土區與白區的總和時間、單次停留時間與換區的頻率。

2. 朱文錦經電擊逆境刺激後(電擊逆境經驗)，對環境偏好行為的影響：

- (1). 實驗器材如上述。
- (2). 將長方形塑膠盒的兩旁內側，由外往內貼上鋁箔紙作為電擊板(圖二)，其中土區與白區電擊板各自獨立。
- (3). 土區與白區之間不設置電擊板，方便插入壓克力板以區隔兩區。
- (4). 隨機選擇其中的一個區域，將朱文錦置入並限制活動範圍。

- (5). 將電擊板接上 12 伏特的電源，並施以電擊兩分鐘，使朱文錦於特定環境接受逆境經驗。
- (5). 兩分鐘之後，停止電擊並且將壓克力板拿起，利用錄影設備進行兩小時的錄影。
- (6). 利用錄放影機分析記錄的影像，分析魚體在白色區域及土色區域總和時間、單次停留時間與換區的頻率，並記錄、分析、討論。



圖二 施予魚體電擊逆境經驗的操作示意圖。

- (A) 以壓克力板區隔土色與白色兩區，將魚體置入其中一區。
- (B) 施以電擊兩分鐘，使魚體於特定環境接受逆境經驗。
- (C) 停止電擊後將壓克力板拿起，進行兩小時的紀錄。

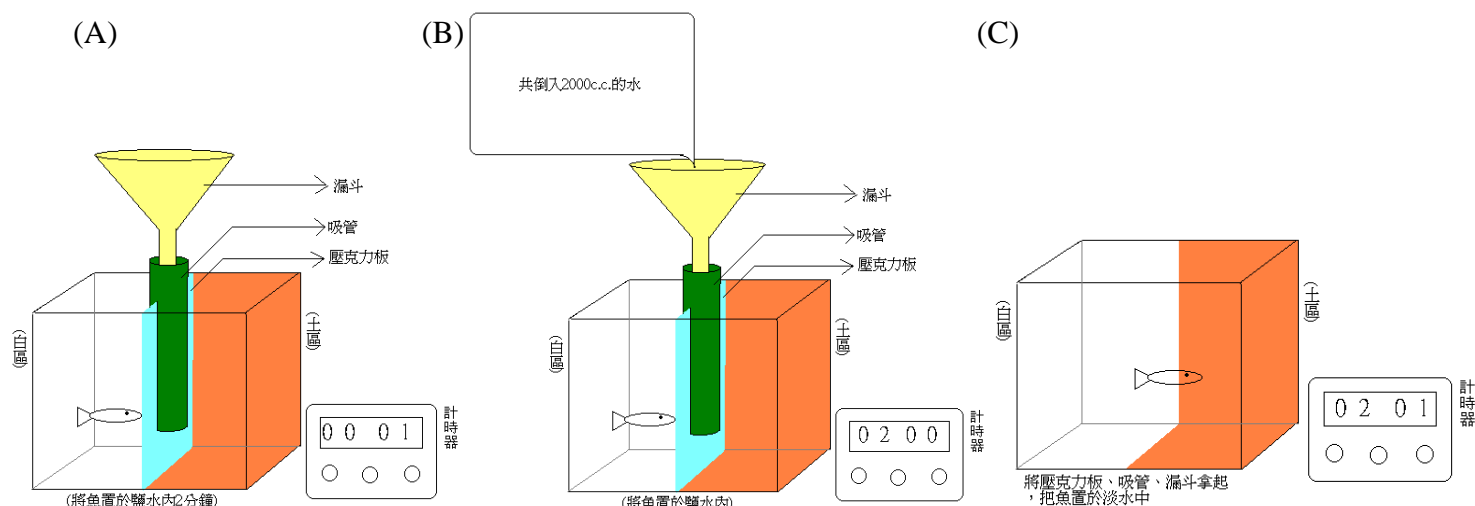
3. 朱文錦於高滲透壓環境，對環境偏好行為的影響：

- (1). 研究步驟如同 1.
- (2). 於 0.875% 濃度的氯化鈉溶液(海水濃度的四分之一)的環境下進行。
- (3). 進行兩小時的錄影紀錄。
- (4). 分析魚體在白色區域及土色區域總和時間、單次停留時間與換區的頻率，並記錄、分析、討論。

4. 朱文錦經高滲透壓逆境刺激後(高滲透壓逆境經驗)，對環境偏好行為的影響：

- (1). 研究步驟如同 1.
- (2). 注入 0.875% 濃度的氯化鈉溶液(海水濃度的四分之一)。
- (3). 用壓克力板分隔這兩個區域，隨機將魚體置於土色區或白色區之一。
- (4). 經高滲透壓逆境刺激，使魚體於特定環境接受逆境經驗。

- (5). 兩分鐘後，以兩公升的淡水置換高滲透壓溶液。
- (6). 必要時以虹吸管將多餘的水吸離。
- (7). 將壓克力板拿起，利用錄影設備進行兩小時的錄影。
- (8). 分析魚體在白色區域及土色區域之停棲總時間、單次停留時間與換區的頻率，並記錄、分析、討論。



圖三 施予魚體高滲透壓逆境經驗的操作示意圖。

- (A) 以壓克力板區隔土色與白色兩區，注入高滲透壓溶液，將魚體置入其中一區，使魚體於特定環境接受逆境經驗，持續兩分鐘。
- (B) 逆境刺激後，以兩公升的淡水置換高滲透壓溶液。
- (C) 將壓克力板拿起，進行兩小時的紀錄。

參、結果

一、電擊逆境經驗對朱文錦環境偏好行為的影響

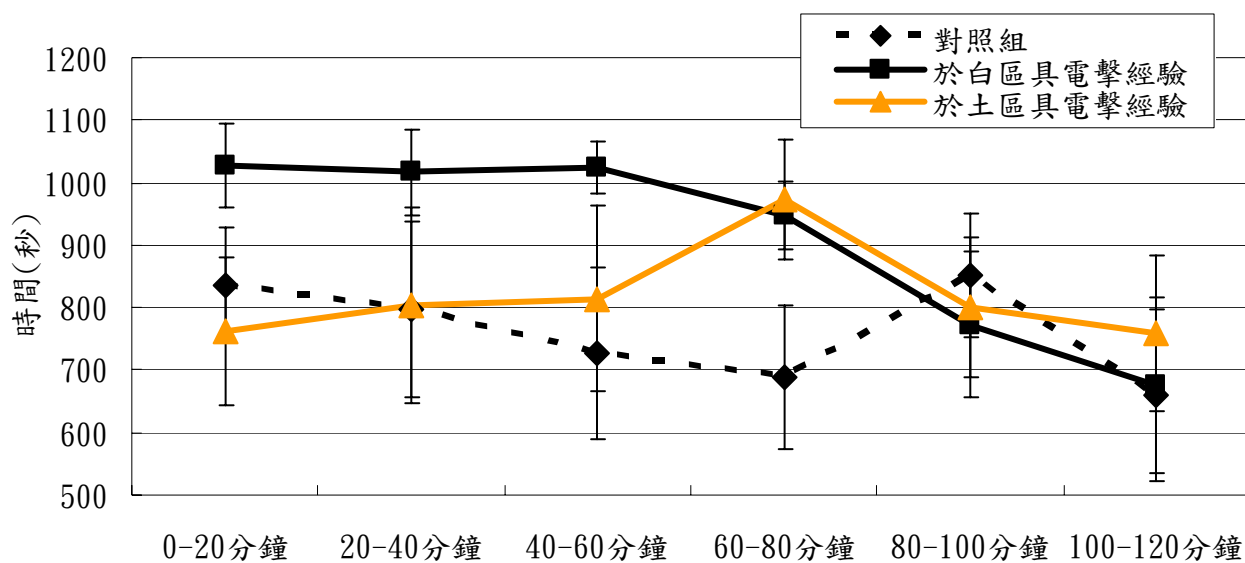
以每 20 分鐘記錄一次的方式，可觀察魚體於土區停留時間的趨勢變化(圖四)，其中對照組與於土區具電擊經驗的魚體無明顯起伏變化，而於白區具電擊經驗之魚體，於前一小時於土區停留時間較對照組多，而在第二小時內逐漸減少而對照組與相近。

比較各組變換停棲區域的頻率(圖五)，對照組、於白區具電擊經驗組、於土區具電擊經驗組之間無明顯差異，且前、後一小時之間亦無差異。

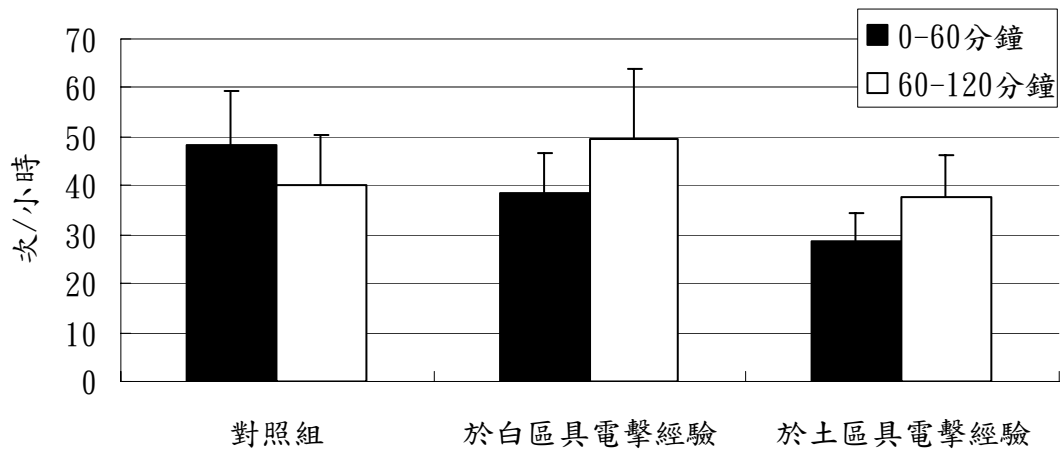
比較各組停棲在土區的總和時間(圖六)，對照組、於白區具電擊經驗與於土區具電擊經驗的魚體皆具有土區偏好(一小時內大於 1800 秒)，於白區具電擊經

驗的魚體，停留於土區的時間大於對照組，顯示於白區的電擊經驗增加了停留於土區的時間。若觀察第二小時的情形，可發現各處理組停留於土區的時間總和，皆與對照組一致，代表白區電擊經驗的效應，只持續約一小時。

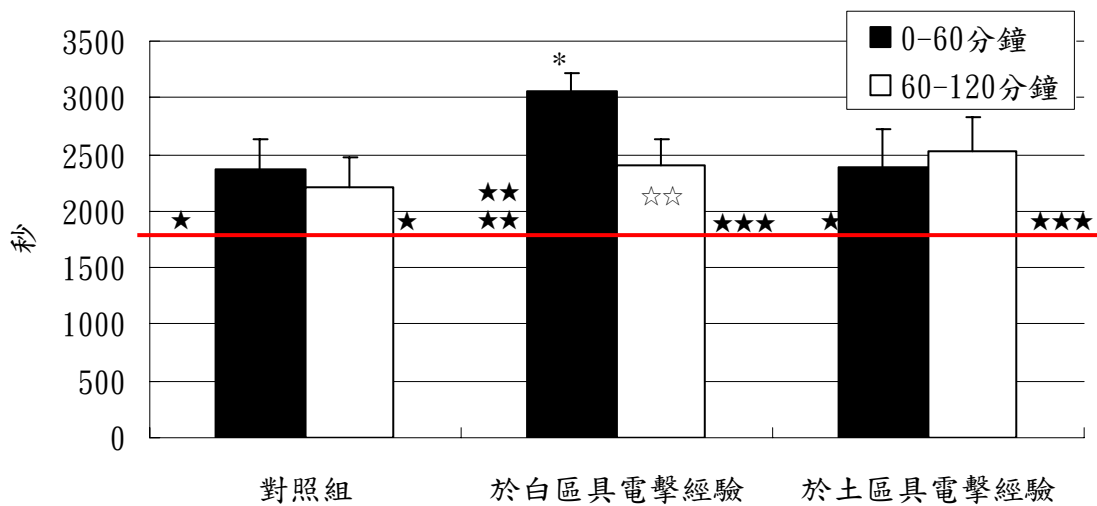
若計算魚體單次進入土區與白區的時間(圖七)，可發現於白區具電極經驗的魚體，單次停留於白區的時間下降，而單次停留於土區的時間增加，顯示於白區具電極經驗的魚體，具有記憶環境的能力，進而改變其環境偏好行為。於土區具電極經驗的魚體，單次停留於土區與白區時間皆增加，但單次停留於土區的時間仍大於白區。在第一小時與第二小時中，各處理組於土區單次停棲時間皆大於白區，顯示在單次停棲時間上，魚體具有土區偏好，且電極經驗不會使其消失，但白區的電極經驗會增強之，且其效應於第二小時仍存在。於土區具電極經驗的魚體，雖然在白區與土區的單次停棲時間皆增加，但於第二小時內，於白區單次停棲時間即恢復，但土區的單次停棲時間仍高於對照組。



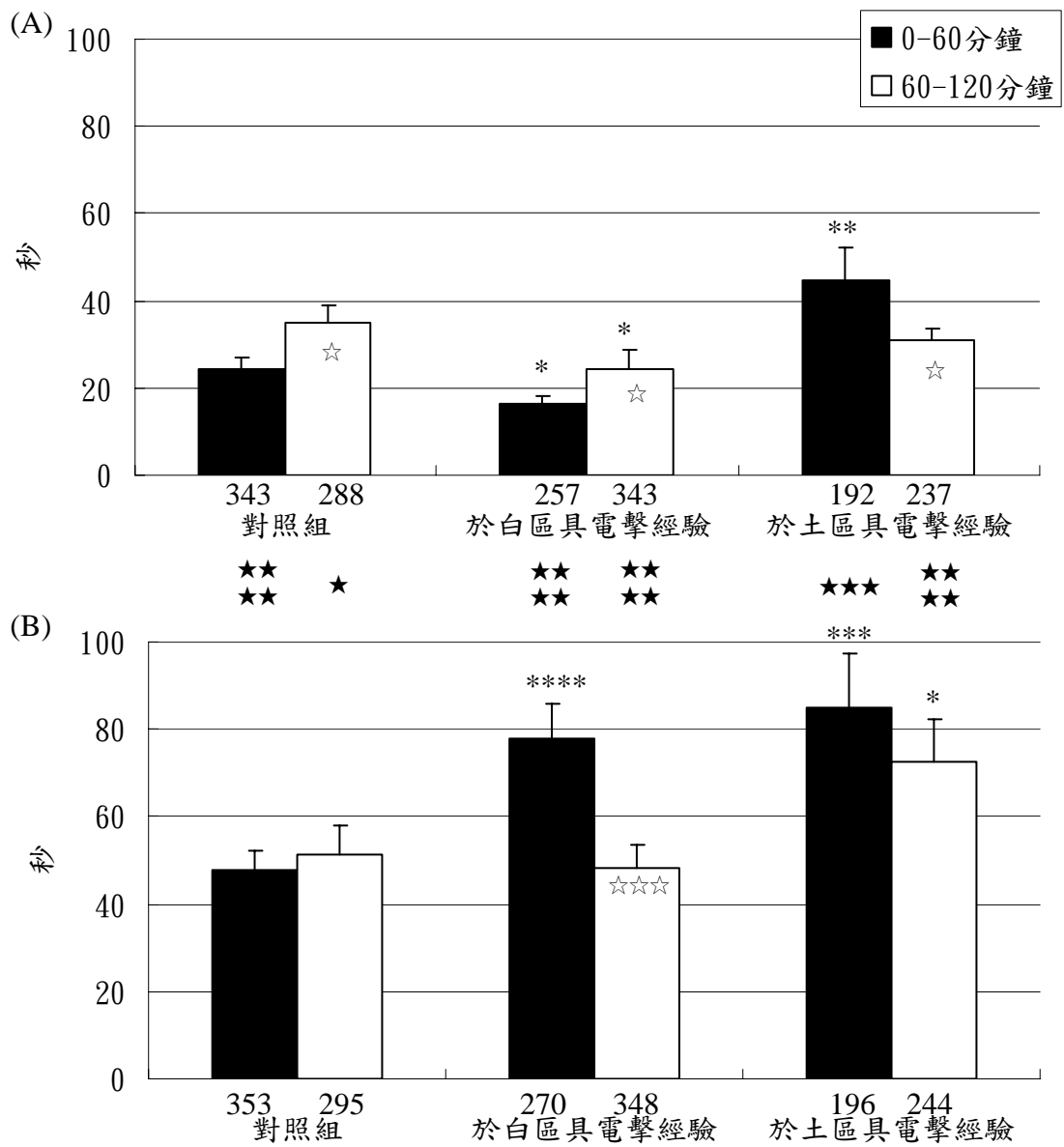
圖四 朱文錦於土區停棲總和時間的趨勢(mean ± SE；各組 n=7)。



圖五 朱文錦更換停棲區域的頻率(mean ± SE；各組 n=7；單尾 t 檢定：無顯著差異)。



圖六 朱文錦停棲於土區的總和時間(mean ± SE；各組 n=7)。
 與對照組相較：單尾 t 檢定；*： $p < 0.05$ 。
 與 0-60 分鐘相較：單尾配對 t 檢定；☆☆： $p < 0.01$ 。
 與 1800 秒相較：單尾 z 檢定；★： $p < 0.05$ ；★★★： $p < 0.005$ ；★★★★： $p < 0.001$ 。



圖七 朱文錦於白色區域(A)與土色區域(B)的單次停棲時間(mean ± SE；各組 n=7；柱狀圖下之數字為計算的事件數)。

與對照組相較：單尾 t 檢定；*： $p < 0.05$ ；**： $p < 0.01$ ；***： $p < 0.005$ ；****： $p < 0.001$ 。

與 0-60 分鐘相較：單尾 t 檢定；☆： $p < 0.05$ ；☆☆☆： $p < 0.005$ 。

土區與白區單次停棲時間相較：單尾 t 檢定；★： $p < 0.05$ ；★★★： $p < 0.005$ ；★★★★： $p < 0.001$ 。

二、高滲透壓逆境經驗對朱文錦環境偏好行為的影響

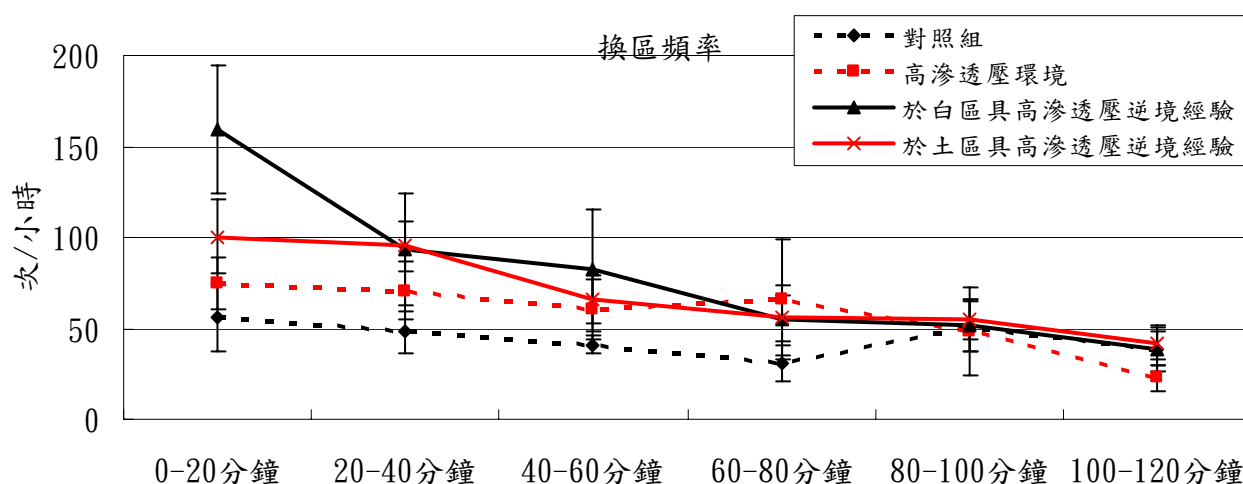
以每 20 分鐘記錄一次的方式，觀察魚體更換停棲區域的頻率變化趨勢(圖八)。可發現高滲透壓環境組或對照組的組別，其更換停棲區域的頻率無明顯變化，而具高滲透壓逆境經驗的組別前 20 分鐘更換停棲區域的頻率較高，而後逐漸平緩。

若觀察魚體於白色區域(圖九 A)與土色區域(圖九 B)單次停留時間的趨勢，可發現各處理組於白區單次停留時間皆有增加的趨勢、而於土區單次停留時間亦具類似的趨勢，但較不明顯。

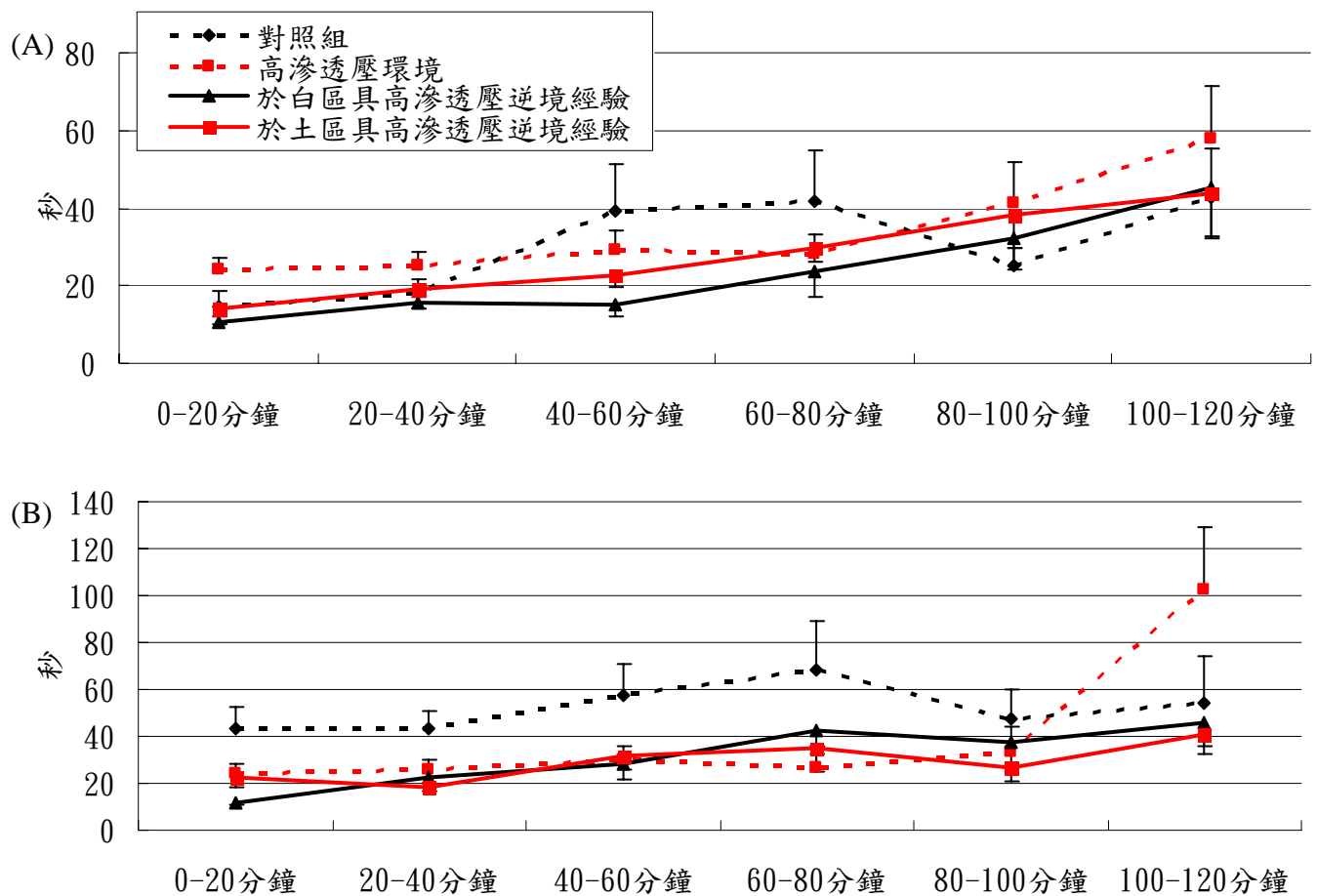
比較各組變換停棲區域的頻率(圖十)，可發現於白區或土區具高滲透壓逆境經驗，在第一小時內變換停棲區域的頻率增加，而於第二小時恢復。於高滲透壓環境的魚體，雖然變換停棲區域的頻率亦有增加的趨勢，但未達統計顯著的標準。

比較各組停留在土區的總和時間(圖十一)，高滲透壓環境、於白區或土區具高滲透壓逆境經驗的魚體，對土區的偏好皆消失。

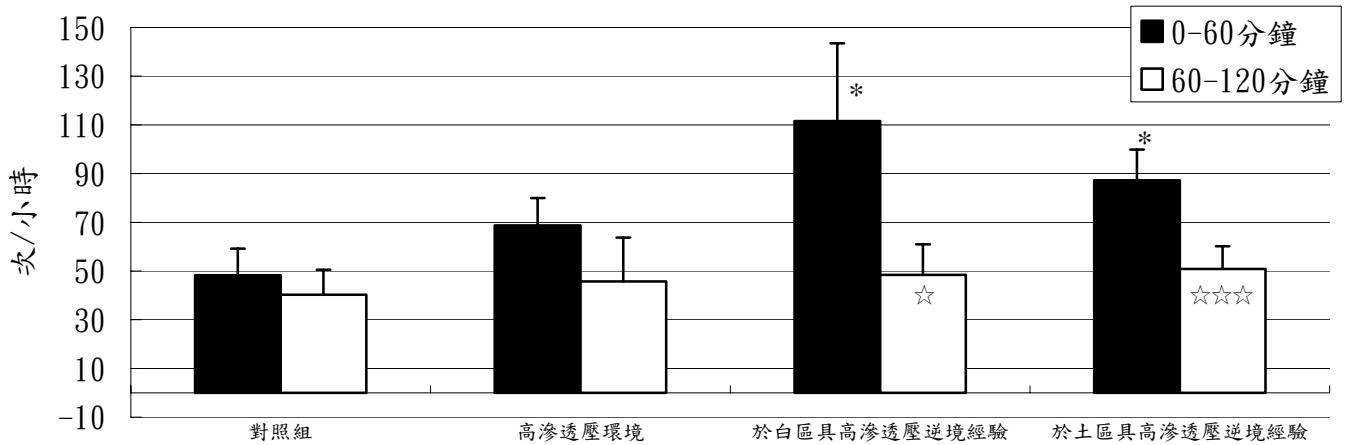
若觀察魚體於白色區域(圖十二 A)與土色區域(圖十二 B)的單次停留時間，處於高滲透壓環境的魚體於土區的單次停留時間下降，與白區單次停留時間一致，而在第二小時，於白區與土區的單次停留時間皆增加，但白區與土區的單次停留時間仍然一致，顯示該組魚體不具環境偏好。於白區與土區具高滲透壓逆境經驗的魚體，在第一小時白區與土區的單次停留時間皆下降，但於土區單次停留時間仍大於白區，而於第二小時大多可恢復。於土區具高滲透壓逆境經驗的魚體於白區的單次停留時間大於白區具高滲透壓逆境經驗，顯示高滲透壓逆境經驗可影響魚體的環境偏好行為，但其效果不如電極逆境(圖七)。



圖八 朱文錦更換停棲區域的頻率(mean \pm SE; 對照組: n=7; 高滲透壓: n=8; 白區具逆境經驗組: n=7; 土區具逆境經驗組: n=8)。



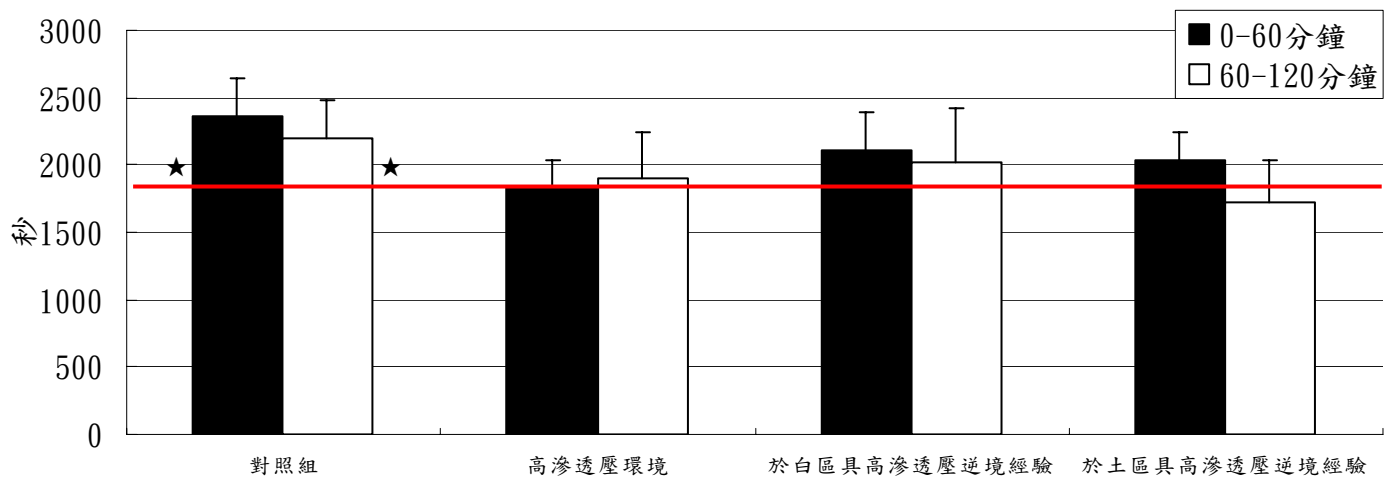
圖九 朱文錦於白色區域(A)與土色區域(B)單次停留時間的趨勢 (mean ± SE; 對照組: n=7; 高滲透壓: n=8; 白區具逆境經驗組: n=7; 土區具逆境經驗組: n=8)。



圖十 朱文錦更換停棲區域的頻率(mean ± SE；對照組：n=7；高滲透壓：n=8；白區具逆境經驗組：n=7；土區具逆境經驗組：n=8)。

與對照組相較：單尾 t 檢定；*： $p < 0.05$ ；**： $p < 0.01$ ；***： $p < 0.005$ ；****： $p < 0.001$ 。

與 0-60 分鐘相較：單尾配對 t 檢定；☆： $p < 0.05$ ；☆☆☆： $p < 0.005$ 。



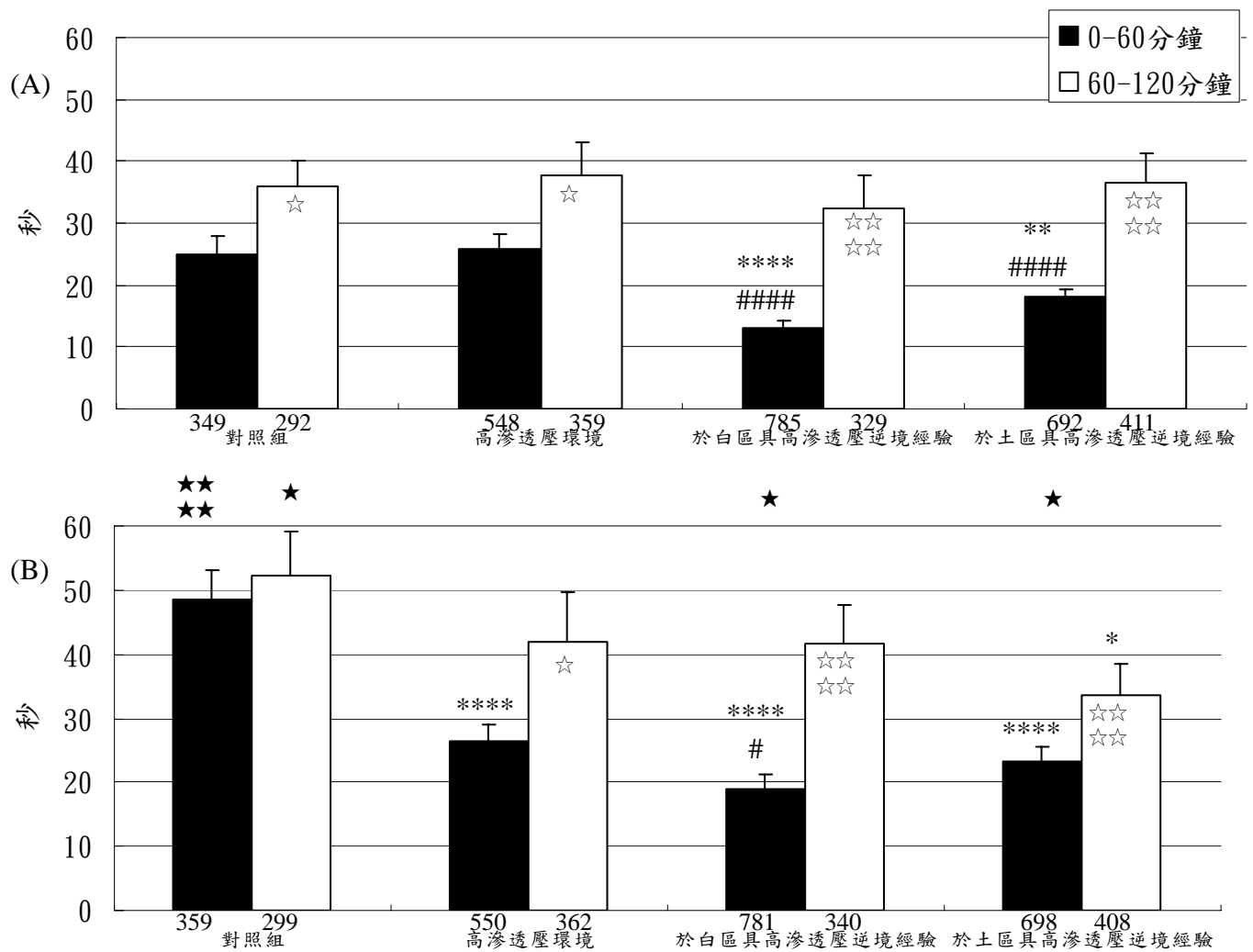
圖十一 朱文錦停留在土區的總和時間(mean ± SE；對照組：n=7；高滲透壓：n=8；白區具逆境經驗組：n=7；土區具逆境經驗組：n=8)。

與對照組相較：單尾 t 檢定；無顯著差異。

與高滲透壓環境組相較：單尾 t 檢定；無顯著差異。

與 0-60 分鐘相較：單尾配對 t 檢定；無顯著差異。

與 1800 秒相較：單尾 z 檢定；★： $p < 0.05$ 。



圖十二 朱文錦於白色區域(A)與土色區域(B)的單次停留時間(mean ± SE；對照組：n=7；高滲透壓：n=8；白區具逆境經驗組：n=7；土區具逆境經驗組：n=8；柱狀圖下之數字為計算的事件數)。

與對照組相較：單尾 t 檢定；*：p<0.05；**：p<0.01；****：p<0.001。

與高滲透壓環境組相較：單尾 t 檢定；#：p<0.05；#####：p<0.001。

與 0-60 分鐘相較：單尾 t 檢定；☆：p<0.05；☆☆☆☆：p<0.001。

與土區與白區單次停留時間相較：單尾 t 檢定；★：p<0.05；★★★：p<0.005；★★★★：p<0.001。

三、電擊逆境與高滲透壓逆境經驗之比較

將本實驗的結果統整如表一。觀察土區停棲總和時間，對照組與電擊逆境經驗的魚體皆具有土區偏好，且會因在白區的電擊經驗而增強該偏好。同樣的效果亦可於單次停棲白區時間中發現。但高滲透壓逆境經驗，消除了魚體大部分的土區偏好行為，除了白區的逆境經驗可調節單次停棲各區的時間。另外，高滲透壓經驗處理組的第一小時期間，換區頻率增加，代表魚體的探索行為增加，而於第二小時單次停棲白區與土區的時間皆增加。同樣的情形亦見於對照組，顯示除了環境偏好行為外，魚體在初至新環境時具有探索環境的行為，而探索行為會逐漸減小。

表一 各處理組對朱文錦環境偏好影響一覽表。

時間	項目	對照組	電擊經驗		高滲透壓	高滲透壓經驗	
			白區	土區		白區	土區
第一小時	土區停棲總時間	B(+)	A(+)	B(+)	B	B	B
	換區頻率	B	B	B	B	A	A
	單次停棲白區時間	3	2	6	3	1	2
	單次停棲土區時間	6	7	7	3	2	2
第二小時	土區停棲總時間	B(+)	B(+)	B(+)	B	B	B
	換區頻率	B	B	B	B	B	B
	單次停棲白區時間	5	3	5	5	5	5
	單次停棲土區時間	6	6	7	6	6	4

- 註：1. 英文字母代表等級：A>B，各等級之間具統計上的差異。
 2. 土區停棲總時間中，若註記(+)代表於土區停棲時間大於白區。
 3. 數字代表等級：7>6>5>4>3>2>1，各等級之間具統計上的差異。

肆、討論

本研究發現了強弱不同的刺激因子，對朱文錦造成行為上的差異，並且跟環境偏好有交互的影響。以下為我們對實驗結果的說明與探討：

- 一、無論何種處理，魚體於第二小時的單次停棲時間皆有增加的趨勢，顯示在第二小時魚體的探索行為較第一小時弱，使得魚體停棲時間增加。
- 二、觀察土區停棲總時間與單次停棲時間，可發現朱文錦具有土區的環境偏好，且電擊逆境經驗可調節此偏好。而高滲透壓環境或逆境經驗，會使大部分環境偏好行為消失，這可能是因為探索行為的干擾，掩蓋了環境偏好行為的表現，例如換區頻率增加，單次停棲時間減小。
- 三、高滲透壓環境或逆境經驗使換區頻率增加，單次停棲時間減小，我們猜測除了探索行為的效應外，可能是魚體透過游動的方式，將鰓內積餘的高滲透壓溶液排除，特別是在剛離開高滲透壓狀態時(第一小時)。而在高滲透壓環境中，就無此行為(與對照組相較，換區頻率、單次停棲時間皆無改變)。另外，滲透壓的改變，也可能是一種環境因子的刺激，爾後需設計更完備的對照組，深入探討該因子。
- 四、比較於白區與土區具電擊經驗的魚體，可發現無論土區停棲總時間或單次停棲時間，皆是白區具電擊經驗的效果大於土區具電擊經驗的魚體，且皆可延續至第二小時。
- 五、比較於白區與土區具高滲透壓經驗的魚體，可發現無論土區停棲總時間或單次停棲時間，皆是白區具電擊經驗的效果大於土區具電擊經驗的魚體，且皆可延續至第二小時。
- 六、綜合以上兩點，可發現無論何種性質之逆境經驗，於白區的逆境經驗對魚體的環境偏好影響較大，這可能是因為魚體原本的環境偏好(不偏好白色區域)，可強化逆境經驗的效應，特別是白色區域代表著水體中較為光亮、上層之處，較易被略食者發現、補食，故在此種性質的環境中，需「重視」過去的逆境經驗，以增加生存機會。故魚體的記憶與學習，與身處的環境特性有關，具有複雜的交互作用。
- 七、電擊逆境經驗的記憶效果優於高滲透壓逆境經驗，我們認為可能是因為不同的逆境刺激是由不同的感覺或生理受器去接收逆境訊息，進而產生其行為上的改變與調整。但也可能是因為探索行為的干擾，而掩蓋了記憶對環境偏好行為的影響。

伍、結論

- 一、朱文錦具有環境偏好行為。相對於白色區域，魚體偏好土色區域。
- 二、電擊與高滲透壓逆境經驗皆會改變魚體對環境的偏好。其中電擊刺激的記憶效果大於高滲透壓刺激。
- 三、若觀察土區停棲總時間，電擊經驗對環境偏好的調節可維持一小時，但若觀察單次停棲時間，則可維持兩小時。
- 四、各處理組中，魚體於第二小時的單次停棲時間皆有增加的趨勢，顯示魚體在第一小時具有較明顯之探索行為。
- 五、高滲透壓經驗會使魚體大部分環境偏好行為消失，其中單次停棲時間仍可表現出逆境經驗調節環境偏好的效應，該效應可維持兩小時。
- 六、電擊逆境經驗的記憶效果優於高滲透壓逆境經驗，而高滲透壓逆境經驗會增加探索行為(換區頻率增加，單次停棲時間減小)。
- 七、無論何種性質之逆境經驗，於白區的逆境經驗對魚體的環境偏好影響較大(相對於土區的逆境經驗)。
- 八、朱文錦的環境偏好行為受不同性質的逆境經驗調節，表現不同的行為特性。

陸、參考資料

- Brown, C. (2003) Habitat–predator association and avoidance in rainbowfish (*Melanotaenia* spp.). *Ecology of Freshwater Fish* 12: 118–126.
- Sapolsky, R. M. (2001)：為什麼斑馬不會得胃潰瘍？遠流出版社。
- Squire, L. R. and Kandel, E. R. (2001)：透視記憶。遠流出版社。
- Stenberg, M. and Persson, A. (2005) The effects of spatial food distribution and group size on foraging behaviour in a benthic fish. *Behavioural Processes* 70: 41–50.
- 林佩瑩(2001)：美洲蜚蠊在光熱刺激下的學習行為。旺宏科學獎第一屆。
- 唐僑志、李昱甫、劉希哲、廖奕翔(2005)：身首異處，記憶猶存！？第四十五屆中小學科學展覽會。
- 陳易呈、楊若苓、洪淑彬(2003)：四紋豆象對不同寄主的產卵偏好性與子帶存活率之關係。 *台灣昆蟲*，23：291-303。
- 楊若苓、洪淑彬(2002)：四紋豆象對寄主大小之辨識及其產卵行為。 *台灣昆蟲*，22：343-357。
- 蔡添順、杜銘章(2004)：赤尾青竹絲雌蛇成體溫度選擇之研究。 *師大生物學報*，39(2)：75-82。

評語

本作品應用朱文錦為實驗材料，探討魚類經不同的逆境刺激經驗後，觀察其對環境的偏好，以推測魚類對的記憶行為，本作品之實驗過程符合科學的邏輯性，唯結果的整理及表現方式有待改進。

魚體經逆境處理後是否會使之行為異常，也是本實驗應考慮會出現誤差的可能性。