

第五屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA5-134

作品名稱：會被淹死的魚?! 探討鬥魚之呼吸行為

姓名：曾愉婷

關鍵字：鬥魚、迷器、浮頭行為

目錄

摘要	2
壹、研究動機	3
貳、研究目的及研究問題	4
參、研究方法及過程	6
肆、研究結果	10
伍、討論與應用	18
陸、結論	21
柒、參考文獻	22
附表	
規律性及個體差異原始資料表	23
改變水溫的原始記錄表	24
改變水中溶氧量原始資料表	26
改變水面氧濃度的原始資料	28

研究題目：會被淹死的魚?! 探討鬥魚之呼吸行為

摘要

蓋斑鬥魚(*Macroodus opercularis*)擁有一種特殊器官—迷器。迷器可以使魚類在低氧的環境中存活，但魚本身必須時常接近水面吞進新鮮空氣。為進一步了解迷器的重要性，決定利用水族館容易購買的泰國種鬥魚為材料，共設計三個實驗，探討溫度、水中溶氧量、水面上氧氣濃度對鬥魚浮頭頻率的影響。我們在三種水溫：15°C、25°C、30°C；三種水中溶氧量：1mg/L、7mg/L、25mg/L；及三種水面上氧濃度：0%、20%、40%，記錄其浮頭次數。數據利用 SPSS 11.5 版統計軟體進行分析及檢定。在水溫 30°C、水中溶氧量 1 mg/L 及水面氧濃度 0%的浮頭頻率分別為各處理組最高。二因子變異數分析結果，溫度與魚隻之間及水中溶氧量與魚隻之間交互作用項達顯著水準，而水面氧濃度實驗中則未達顯著水準。研究發現蓋斑鬥魚在水面上氧濃度為零或水中溶氧量極低時，浮頭次數皆會明顯增加。但是水面缺氧會有掙扎或傾倒的行為出現，而在水中溶氧量不足時並沒有異樣的行為，因此我們推論迷器應該是蓋斑鬥魚主要的呼吸器官。

壹、研究動機

蓋斑鬥魚(*Macropodus opercularis*)在生物分類上屬於攀鱸目，筳尾鱸科，鬥魚亞科，鬥魚屬。攀鱸目的最大特徵就是擁有一種特殊器官—迷宮形器官，簡稱迷器，此器官是由迷管狀鰓褶之第一上鰓骨擴大而成。藉由此一呼吸器官，吸進口內的空氣經過迷管狀鰓褶時，密佈於此的毛細血管將會吸收氧氣，使鬥魚類在低氧的環境中可以存活，但魚本身必須時常接近水面吞進新鮮空氣，這也就是為什麼在市面上所販賣的泰國種鬥魚只需養在小杯子而不需打入氧氣就能存活的原因。

在看過學長有關蓋斑鬥魚的科展作品之後，才知道原來台灣也有原生種鬥魚，而且這種鬥魚又是孑孓(蚊子的幼蟲)的剋星，對於防止登革熱有很大的幫助。經查閱有關蓋斑鬥魚的書籍後，我們知道蓋斑鬥魚的分佈範圍，包括了中國南部、海南島、中南半島及台灣，並曾廣泛分布如水田及野塘等中低海拔的靜止水域。此外，牠亦擁有特殊器官——迷器，使蓋斑鬥魚可以在溶氧量很低的環境中存活。迷器為淡水魚適應水位變化的特化構造，我們對迷器非常有興趣，經查閱文獻(施，1994)後得知：鬥魚不時浮上水面吞氣的行為稱為浮頭。由此我們想要了解：浮頭的頻率有規律嗎？影響蓋斑鬥魚浮頭頻率之相關環境因子為何？鰓還有正常的功能嗎？如果不讓牠浮上水面吞氣，牠是不是會因無法自水中呼吸氧氣而「淹死」？因此我們決定設計實驗，希望能解決心中的疑惑。

由於行政院農委會於 1990 年將蓋斑鬥魚列入，「珍貴稀有保育類野生動物」予以保護，所以我們決定以一般市面上合法販售的泰國種蓋斑鬥魚(與台灣原生的蓋斑鬥魚屬於同一種)作為實驗物種。期待我們的實驗結果也能對本土的蓋斑鬥魚研究有些幫助。

貳、研究目的及研究問題

一、研究目的：

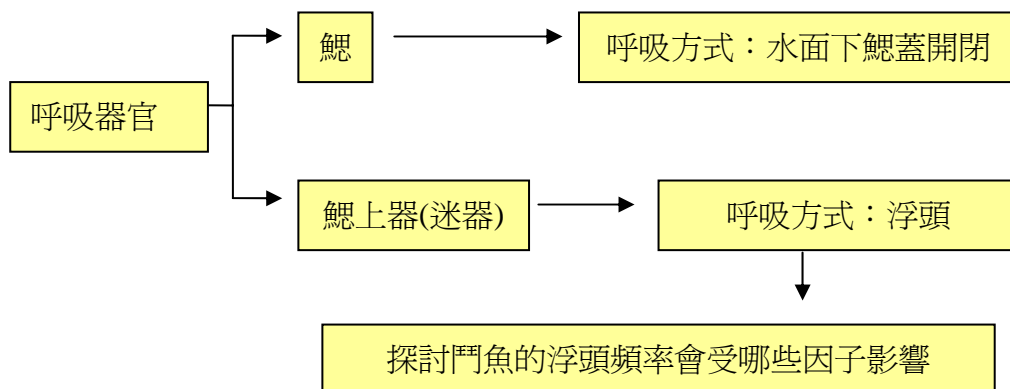
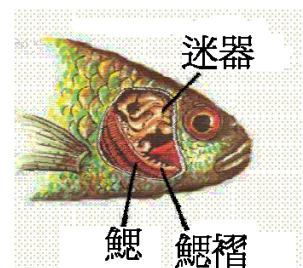
- 1、了解不同的溫度對蓋斑鬥魚浮頭頻率的影響。
- 2、了解不同的水中溶氧量度對蓋斑鬥魚浮頭頻率的影響。
- 3、了解空氣中氧氣含量對蓋斑鬥魚浮頭頻率的影響。
- 4、探討蓋斑鬥魚迷器的重要性。

二、研究問題：

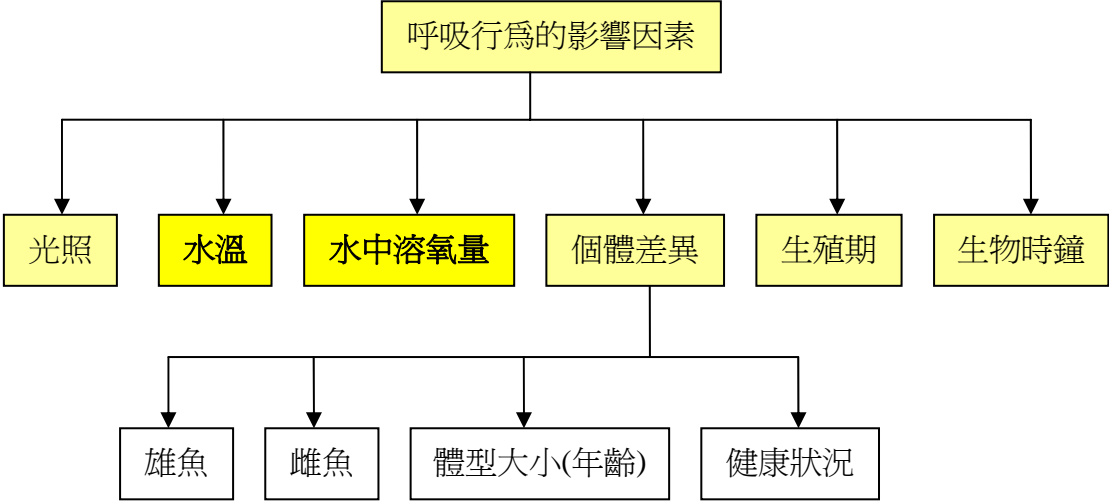
魚類的呼吸器官主要是鰓。鰓有廣大呼吸表面積和豐富的微血管，當水由口進入通過鰓時，會和鰓褶中的毛細血管當中的血液進行交換。水中的氧氣進入血液，而二氧化碳則排出體外。

但有時由於魚類生活習性的多樣性和牠長期適應環境的特殊性，有些魚類可以暫時離開水中或者在溶氧量極少的水中環境生活，它們除了鰓外，還具有輔助性呼吸器官，我們將它統稱為鰓上器。迷器就是其中的一種，其他如泥鰍的腸、肺魚的肺等。具有輔助性呼吸器官的魚類，大都是生長在熱帶、亞熱帶地區，因此區的水溫較高，水中的溶氧量普遍較低，所以某些魚類的肺呼吸及其他輔助器官都較發達。

迷器是由迷管狀鰓褶之第一上鰓骨擴大而成(如右圖)。藉由此一呼吸器官，吸進口內的空氣經過迷管狀鰓褶時，密佈於此的毛細血管將會吸收氧氣，使鬥魚在低氧的環境中可以存活，但迷器所進行的氣體交換必須在潮濕的狀態下才可進行，當迷器乾燥時，魚將迅速死亡。



我們歸納出影響呼吸速率的因素有很多，其中我們最有興趣的環境因子是溫度、水中溶氧量。另外我們也非常想知道迷器在鬥魚的呼吸行為重要性為何，因此我們設計了第三個實驗即嘗試控制水面上空氣濃度以了解當水面上無足夠氧氣時鬥魚會有哪些反應，浮頭頻率是否改變。



參、研究方法及過程

一、研究設備及器材

器材	用途	數量
水缸	實驗環境	2 箱
魚飼料	餵魚用	1 罐
燒杯	實驗用	3 個
氧氣	增加水中溶氧量	1 組
氮氣	降低水中溶氧量	1 組
打氣機	維持水中溶氧量	2 部
過濾器	過濾水	2 組
恆溫箱	調整水中溫度	1 組
電子式游標尺	測量魚長	1 支
計數器	計算魚呼吸次數	6 組
計時器	計算時間	1 組
電子秤	計算魚重	1 組
D.O meter	測量水中溶氧量	1 組
電風扇	保持空氣流通	1 組



實驗水缸



氣瓶



D.O meter

計數器

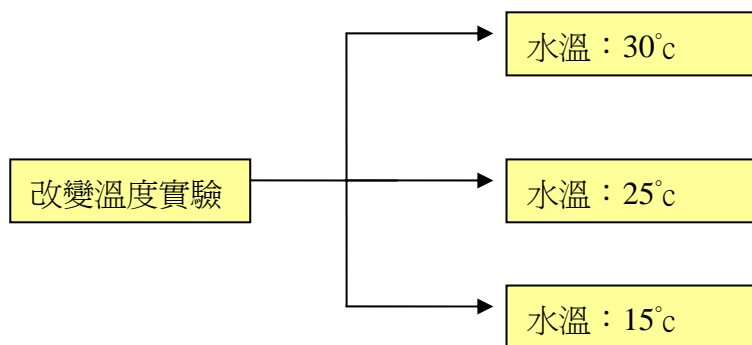
計時器

二、實驗設計：

我們總共設計了 3 個實驗，分別是溫度對蓋斑鬥魚浮頭頻率的影響、水中溶氧量對蓋斑鬥魚浮頭頻率的影響及在改變水面上氧氣含量對蓋斑鬥魚浮頭頻率的影響。實驗前先購足體型大小相似、健康狀況良好的魚隻。放入實驗用水缸裡，每尾一缸，並標記編號。使蓋斑鬥魚適應環境，控制相同的光照條件，水溫 30°C。為了解蓋斑鬥魚浮頭的規律性及個體間的差異，我們分別在早上 8 點、下午 1 點及 6 點記錄每隻鬥魚浮頭的次數，共記錄四天。記錄的方法為整點時，計算每隻每 5 分鐘的浮頭次數，連續計算 5 次，共 25 分鐘。

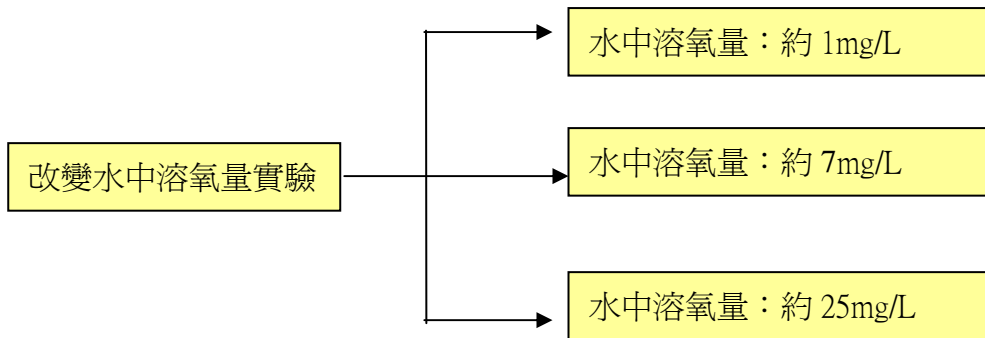
(一) 改變溫度實驗(維持相同溶氧量約 7mg/L 的情況下)：

從文獻上知道蓋斑鬥魚適合水溫為 22°C~27°C，可容忍水溫範圍為 10°C~34°C。第一天先在水溫維持在 30°C，並於下午的一點與三點計算每 5 分鐘每隻魚的浮頭次數，連續計算 5 次，共 25 分鐘。第二天早上再將水缸中的水溫以恆溫箱慢慢降溫至 25°C，並同樣於下午的一點與三點計算每 5 分鐘每隻魚的浮頭次數，連續計算 5 次，共 25 分鐘。第三天早上確定鬥魚健康狀況良好後，進行低溫實驗。將水缸的水溫緩緩降低至 15°C，在下午一點與三點如上述記錄浮頭次數。三種溫度處理時，同時利用 D.O meter 測量水缸內的氧氣含量(mg/L)，隨時打氧控制氧氣含量維持在穩定狀態。



(二) 改變水中溶氧量實驗(維持相同溫度 30°C 的情況下)：

持續打入氮氣於水缸中，把水中氧氣排出，使水中的溶氧量降到 1mg/L(低溶氧量)左右，並維持其溶氧量，計算每隻每 5 分鐘的浮頭次數，連續計算 16 次，共 80 分鐘，實驗過程中以電風扇保持空氣流通，以維持水面上氧氣濃度的穩定。記錄完畢後停止打氣。待魚兒恢復體力後，繼續實驗。由於常溫下水中溶氧量約為 7mg/L，因此不打入任何氣體時，計算每隻每 5 分鐘的浮頭次數，連續計算 16 次，共 80 分鐘。再來將氧氣持續打入水缸中，使其溶氧量上升至 25mg/L(高溶氧量)左右。計算每隻每 5 分鐘的浮頭次數，連續計算 16 次，共 80 分鐘，實驗過程中以電風扇保持空氣流通，以維持水面上氧氣濃度。



測量水中溶氧量

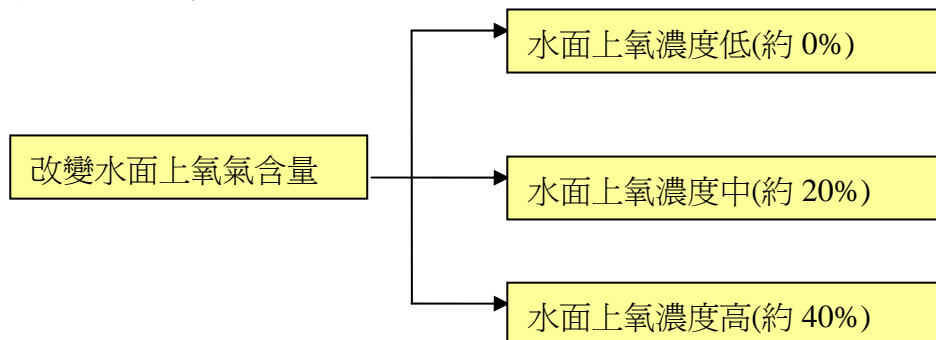


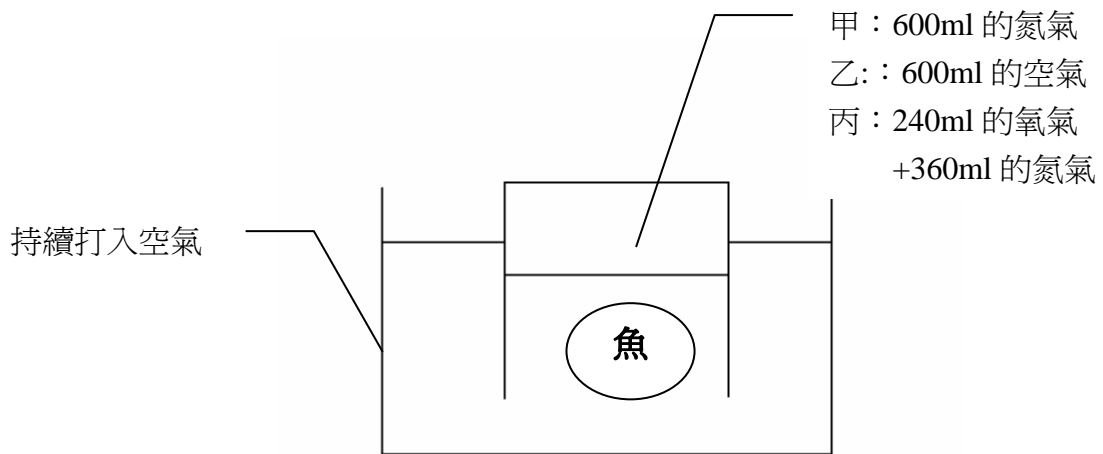
調控水中溶氧量

(三) 改變水面上氧氣含量實驗(維持水溫 30°C 及水中溶氧量)：

將三個燒杯分別倒放入三個水缸中，並先將殘留底部的空氣去除，然後在甲燒杯中打入 600 毫升的氮氣，使氮氣停留在甲燒杯的底部，此時水面上的氧濃度為 0%。將 600 毫升空氣(含 20%的氧氣)打入乙燒杯中，使空氣停留在乙燒杯的底部，水面上氧濃度中約為 20%。先將 240 毫升的氧氣打入丙燒杯中，之後再將 360 毫升的氮氣打入丙燒杯中，使此氣體含 40%的氧，氣體留在丙燒杯的底部。

將實驗魚分別輪流放入甲乙丙三個燒杯中，計算每隻的浮頭次數，為顧及鬥魚所能忍受的缺氧時間，本實驗每 2 分鐘計算一次，連續計算 7 次，共 14 分鐘。之後再換算為每 5 分鐘的浮頭頻率。





改變水面上氧氣含量實驗裝置示意圖



燒杯裝滿水後在水中倒放打氣



在水中將魚放入燒杯中

肆、研究結果：

實驗進行期間由民國 94 年 8 月開始。為了解蓋斑鬥魚浮頭頻率的規律性及個體間的差異，我們分別在早上 8 點、下午 1 點及 6 點，記錄每隻鬥魚浮頭的次數，共記錄四天。原始資料以 excel 記錄再依 SPSS 視窗版 11.0 分析，建立所需之資料檔格式。以單因子變異數分析，分別檢定早、中、晚三時段及性別、不同魚隻之間是否影響鬥魚的浮頭頻率。檢定結果列於表一。

表一、鬥魚浮頭頻率的規律性及個體差異檢定結果

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
早、中、晚三時段	2.577	2	1.289	.900	.415
性別	9.159	1	9.159	3.011	.087
不同魚隻	126.359	6	21.060	14.544	.000

由表一可知除不同魚隻對浮頭頻率有顯著性差異外，其餘皆未達.05 的顯著水準，表示鬥魚的個體差異值得注意而時間及性別可以先忽略。因此以下的數據分析皆以 SPSS 之二因子混合設計變異數分析法，以了解不同魚隻與實驗變因間的交互作用項是否達到顯著水準，若是，則進行實驗變因的單純主要效果檢定。三個實驗結果分述如下：

(一)溫度對蓋斑鬥魚浮頭頻率之影響

實驗期間分別在水溫 30°C、25°C 及 15°C 時，各測得四隻魚，每隻 10 次共 40 個數據。計算各溫度鬥魚浮頭每 5 分鐘的平均次數：水溫 15°C 時平均為 1.68 ± 1.25 次，25°C 時平均為 3.70 ± 1.88 次，30°C 時平均為 4.38 ± 1.66 次。由數據結果得知浮頭頻率以 30°C 時最多，25°C 時次之，15°C 時最少。(表二)

表二、鬥魚在三溫度處理之每 5 分鐘的平均浮頭次數

水溫	取樣數	平均值	標準差	95%平均數信賴界限	
				下限	上限
30度	40	4.38	1.66	3.84	4.91
25度	40	3.70	1.88	3.10	4.30
15度	40	1.68	1.25	1.28	2.07
Total	120	3.25	1.98	2.89	3.61

利用二因子變異數來分析(表三)，其中溫度和魚隻之交互作用項達.001 的顯著水準 ($F=5.009$, $P<0.01$)，表示兩者具有明顯的交互作用，因此進一步進行每隻魚在三種溫度水準的單純主要效果檢定。結果顯示 A 魚($F=9.052$, $P<0.01$)、B 魚($F=12.212$, $P<0.01$)、C 魚($F=48.826$, $P<0.01$)、D 魚($F=8.601$, $P<0.01$) (表四) 在三種溫度水準上都具有顯著差

異。表示水溫對鬥魚浮頭頻率確實有明顯的影響。

我們繼續以最小平方差異法(LSD 法)檢定，以了解任兩溫度間的差異。由表五的結果顯示 25°C 和 15°C 間($P < 0.01$)、30°C 和 15°C 間($P < 0.01$)具有顯著差異，而 30°C 和 25°C 間($P > 0.01$)並沒有達到.05 的顯著水準。由圖一各魚隻在三種溫度水準的趨勢圖亦可看出 30°C 與 25°C 間四隻魚並沒有一致的趨勢而 25 度至 15 度間則相較呈明顯且一致向下降低的趨勢。

表三、水溫及魚隻之二因子變異數分析摘要表

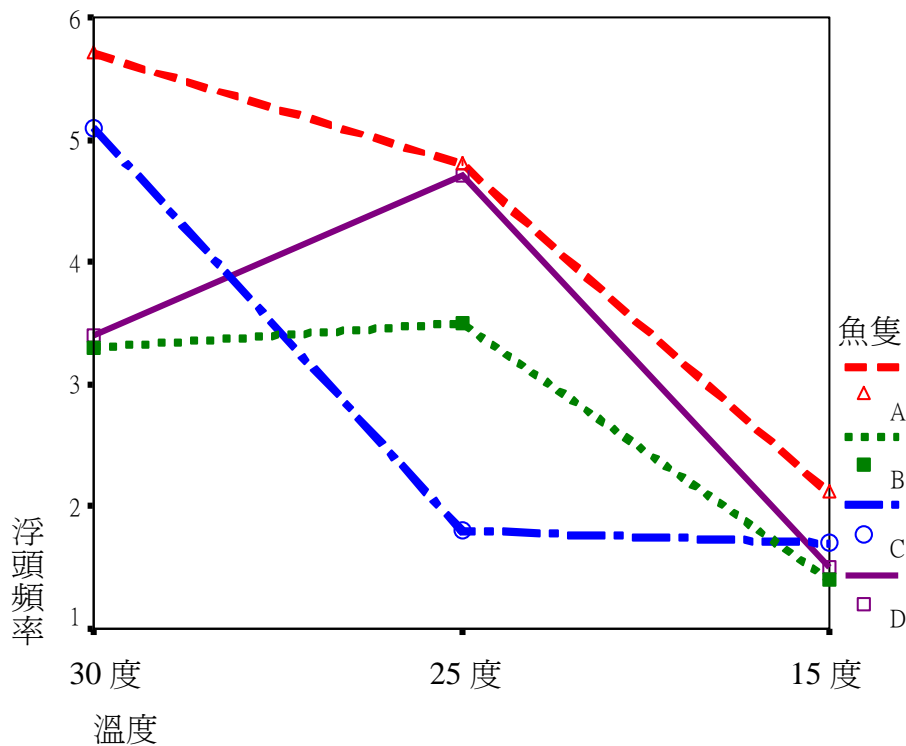
變異來源	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
魚隻	39.567	3	13.189	10.890	.000
溫度	157.950	2	78.975	36.080	.000
溫度 * 魚隻	65.783	6	10.964	5.009	.000
誤差項(魚隻)	43.600	36	1.211		
誤差項(溫度)	157.600	72	2.189		

表四、魚隻在三種溫度處理的單純主要效果檢定摘要表

魚隻	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
A	70.200	2	35.100	9.052	.002
B	26.867	2	13.433	12.212	.000
C	74.867	2	37.433	48.826	.000
D	51.800	2	25.900	8.601	.002

表五、兩溫度間LSD法檢定結果摘要表

(I) 溫度	(J) 溫度	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. (a)
25°C	15°C	2.025(*)	.335	.000
30°C	15°C	2.700(*)	.310	.000
30°C	25°C	.675	.346	.059



圖一、各魚隻在三種溫度處理的趨勢圖

(二)水中溶氧量對鬥魚浮頭頻率之影響

實驗期間中，在三種水中溶氧量處理 25mg/L、7mg/L、1mg/L，各測得六隻魚，每隻 16 次共 96 個數據，全部總計 288 個數據。計算各處理之鬥魚每 5 分鐘的平均浮頭次數：25mg/L 時為 2.36 ± 1.45 次；7mg/L 時為 4.03 ± 1.74 次；1mg/L 時為 8.33 ± 4.43 次(表六)。由數據結果顯示：當水中溶氧量為 1mg/L 時，鬥魚的浮頭次數為最多，7mg/L 次之，25mg/L 最少。

表六、鬥魚在三種水中溶氧量處理之每5分鐘的平均浮頭次數

水中溶氧量	取樣數	平均值	標準差	95%平均數信賴界限	
				下限	上限
25mg/L	96	2.36	1.45	2.07	2.66
7mg/L	96	4.03	1.74	3.68	4.38
1mg/L	96	8.33	4.43	7.44	9.23
全部	288	4.91	3.81	4.47	5.35

表七、魚隻及水中溶氧量二因子變異數分析摘要表

變異來源	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
魚隻	927.611	5	185.522	60.781	.000
水中溶氧量	1821.174	2	910.587	390.911	.000
溶氧量 * 魚隻	726.868	10	72.687	31.204	.000
誤差項(魚隻)	274.708	90	3.052		
誤差項	419.292	180	2.329		

利用二因子變異數來分析(表七)，其中水中溶氧量與魚隻之交互作用項的效果已達.001 顯著水準，表示兩者具有明顯的交互作用，因此需進一步進行每隻在三種溶氧量的單純主要效果檢定，結果顯示 A 魚($F=216.273$, $P<0.01$)、B 魚($F=261.610$, $P<0.01$)、C 魚($F=11.441$, $P<0.01$)、D 魚($F=35.405$, $P<0.01$)、E 魚($F=79.321$, $P<0.01$)、F 魚($F=28.222$, $P<0.01$) (表八)，六隻魚在三種溶氧量處理上都具有顯著差異。由圖二中不同魚隻與水中溶氧量的關係，可看出每一隻魚的浮頭頻率受水中溶氧量的影響而變化，表示水中的溶氧量對鬥魚浮頭頻率確實有明顯的影響。

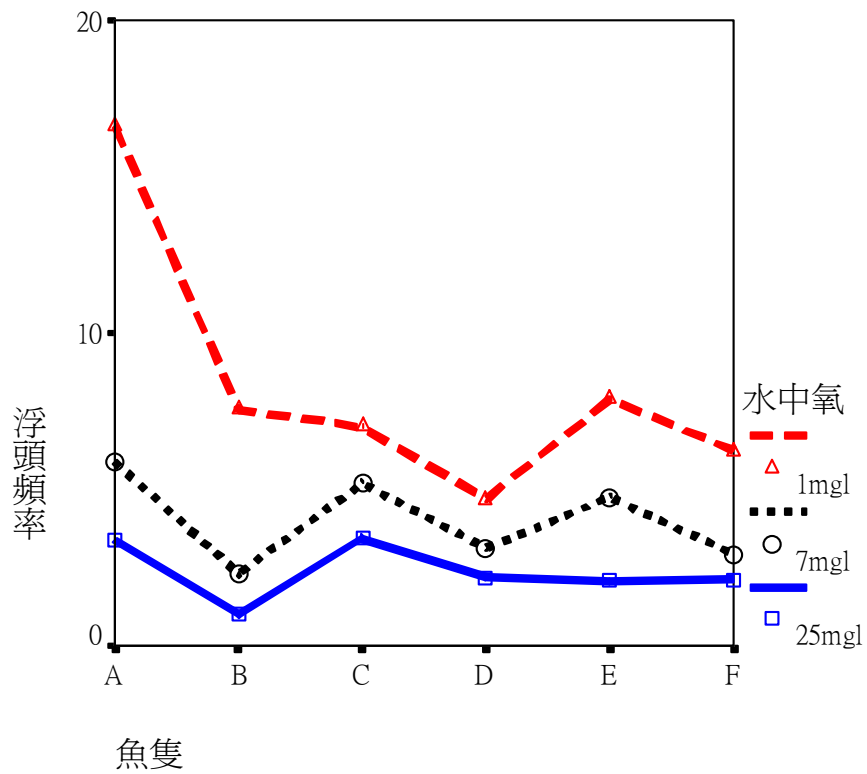
表八、魚隻在三種溶氧量處理的單純主要效果檢定摘要表

魚隻	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
A	1586.000	2	793.000	216.273	.000
B	385.875	2	192.938	261.610	.000
C	101.542	2	50.771	11.441	.000
D	51.042	2	25.521	35.405	.000
E	270.792	2	135.396	79.321	.000
F	152.792	2	76.396	28.222	.000

我們繼續以最小平方差異法(LSD 法)檢定，結果顯示 25mg/L 和 7mg/L 間($P<0.01$)、25mg/L 和 1mg/L ($P<0.01$)間、7mg/L 和 1mg/L($P<0.01$)間都具有顯著差異(表九)。

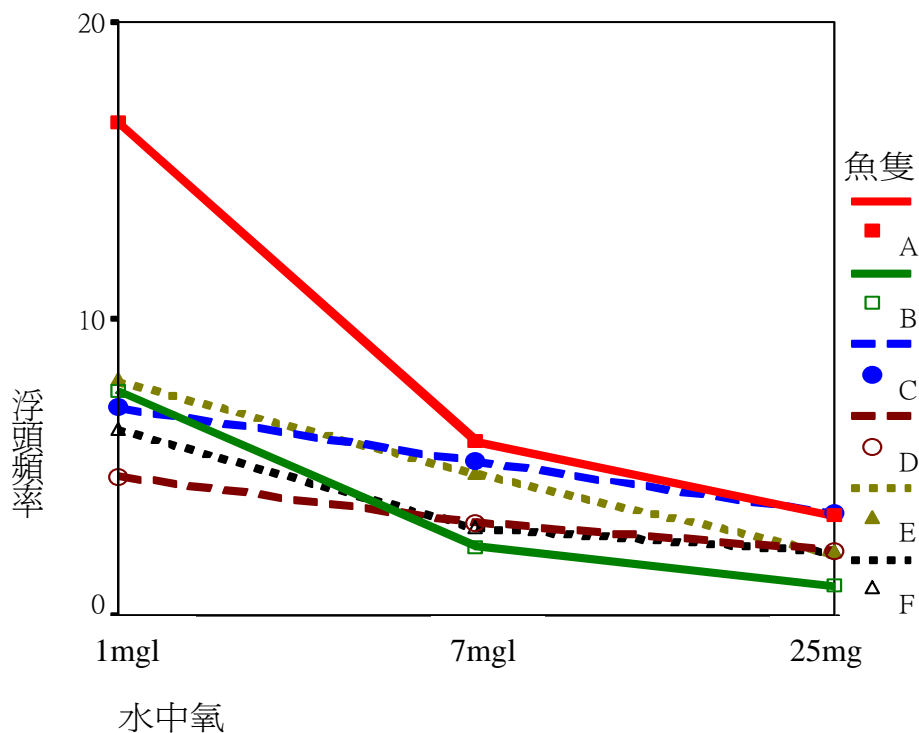
表九、兩水中溶氧量間LSD法檢定結果摘要表

(I)水中溶氧量	(J)水中溶氧量	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. (a)
1mg/L	7mg/L	4.302(*)	.249	.000
7mg/L	25mg/L	1.667(*)	.159	.000
1mg/L	25mg/L	5.969(*)	.242	.000



圖二、不同魚隻與水中溶氧量的關係圖

由圖三中各魚隻在三種水中溶氧量處理的趨勢圖，可以明顯看出六隻魚的浮頭頻率皆為下降趨勢，亦即水中溶氧量愈高，浮頭頻率愈低。



圖三、各魚隻在三種水中溶氧量處理的趨勢圖

(三)水面上氧濃度對蓋斑鬥魚呼吸頻率之影響

實驗期間分別在水面上氧濃度 0%、20%及 40%時，各測得五隻魚，每隻 7 次共得 35 個數據，總計 105 個數據。因實際測量為每 2 分鐘，換算為每 5 分鐘的浮頭頻率，並計算鬥魚在各水面氧濃度每 5 分鐘的浮頭平均次數：氧濃度 0%時平均為 15.43 ± 9.17 次，氧濃度 20%時平均為 6.57 ± 3.49 次，氧濃度 40%時平均為 4.86 ± 3.37 次(表十)。由數據結果得知每 5 分鐘的浮頭頻率以氧濃度 40%最少，氧濃度 20%次之，氧濃度 0%則高出最多。

表十、鬥魚在三種水面氧濃度處理之每5分鐘的平均浮頭次數

水面上 氧濃度	取樣數	平均值	標準差	95%平均數信賴界限	
				下限	上限
0%	35	15.43	9.17	12.28	18.58
20%	35	6.57	3.49	5.37	7.77
40%	35	4.86	3.37	3.70	6.02
全部	105	8.95	7.54	7.49	10.41

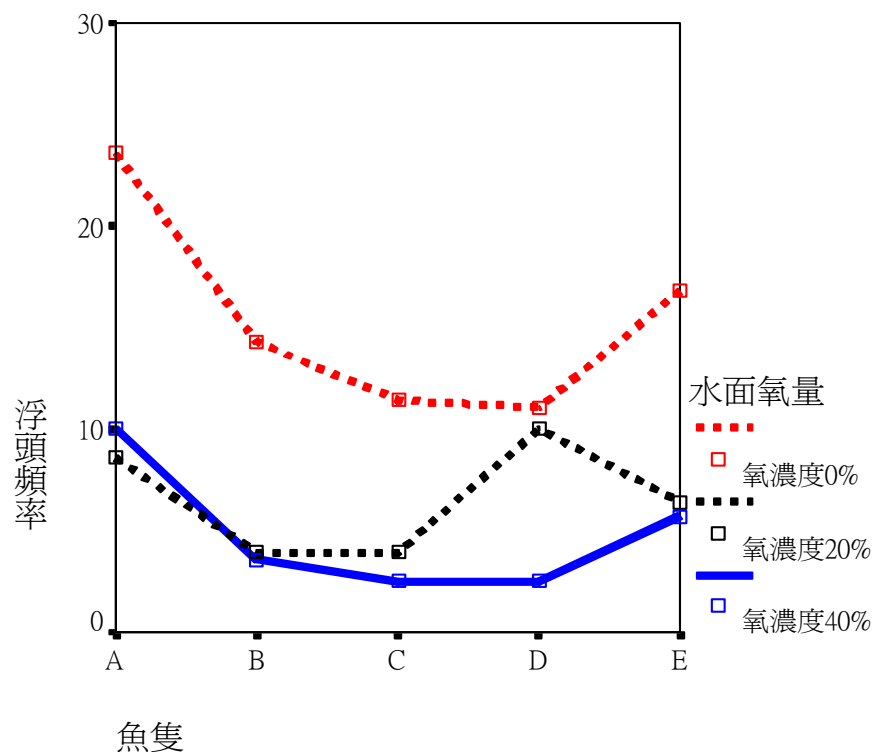
將數據利用二因子變異數來分析(表十一)，其中水面氧濃度和魚隻間的交互作用項的效果未達顯著水準，表示不同魚隻在三種水面氧濃度的處理上沒有交互作用效應存在，也就是不同魚隻在三種水面氧濃度處理時，浮頭頻率並沒有明顯不同。若針對魚隻

單項變因或水面氧濃度的單項變因上皆達 0.05 及 0.001 的顯著水準。表示鬥魚在此兩單項的變因上其浮頭頻率皆有顯著差異存在。

表十一、魚隻及水面氧濃度二因子變異數分析摘要表

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
魚隻	829.405	4	207.351	8.145	.000
水面氧濃度	2253.333	2	1126.667	40.387	.000
水面氧* 魚隻	389.524	8	48.690	1.745	.106
誤差項(魚隻)	763.690	30	25.456		
誤差項(水面氧)	1673.810	60	27.897		

另外，以圖四中可以看出 A、B、C、E 魚在水面氧濃度 20% 和 40% 間浮頭頻率相當接近，而 D 魚在水面氧濃度 0% 和 20% 間的浮頭頻率相當接近。為進一步了解每隻魚在任兩種水面氧濃度間的差異情形，我們以 t-TEST 檢定，結果摘要如表十二。由此可以發現各魚隻的差異相當大，如 B 魚在三組成對檢定皆未達顯著水準而 D 魚為唯一在 20% 和 40% 間達 .001 的水準以下。實際觀察時亦發現每隻魚在面對水面上氧氣濃度改變時所表現的行為變化極大。



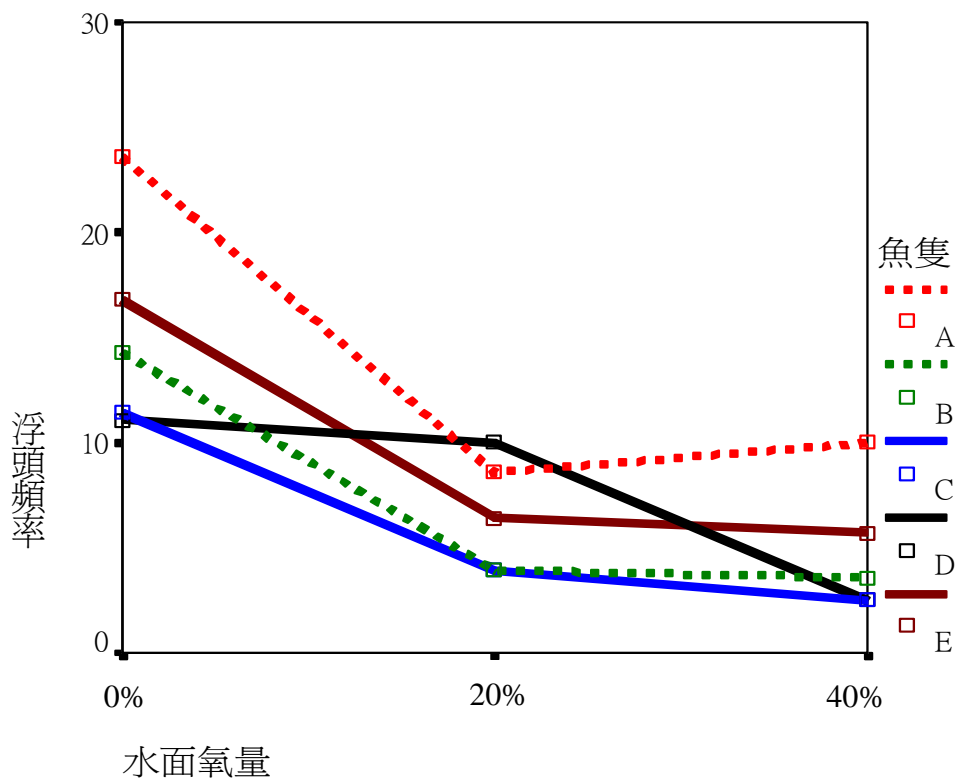
圖四、不同魚隻與水面上氧濃度的關係圖

表十二、各魚隻在兩水面氧濃度間t-TEST檢定結果摘要表

	水面含氧 0% - 水面含氧 20%			水面含氧 20% - 水面含氧 40%			水面含氧 0% - 水面含氧 40%		
	Mean	Std.	t值	Mean	Std.	t值	Mean	Std.	t值
A	15.00	13.15	* 3.02	-1.43	3.18	-1.19	13.57	11.62	*3.09
B	10.36	13.34	2.05	.36	1.73	.55	10.71	13.60	2.06
C	7.50	4.08	**4.86	1.43	2.44	1.55	8.93	3.18	***7.43
D	1.07	4.05	.70	7.50	2.04	***9.72	8.57	4.30	**5.28
E	10.36	6.03	**4.55	.71	2.78	.68	11.07	6.10	**4.80

* : P<.05 ** : P<.01 *** : P<.001

另外，就各魚隻在三種水面上氧濃度處理的趨勢來看，由圖五可以得知：水面上氧濃度由 0%升高至 20%時，大部分的魚隻的浮頭頻率都有下降的趨勢；而由氧濃度 20%升高至 40%時，則大部分的魚隻之浮頭頻率較無明顯的上升或下降趨勢。



圖五、各魚隻在三種水面上氧濃度處理的趨勢圖

伍、討論與應用

一、浮頭為重要的呼吸行爲

魚類為變溫動物，體溫會隨外界溫度變化，進而影響牠的呼吸頻率。一般來說，當外界溫度升高，酵素活性增加，代謝速率加快，因此耗氧量增加而使呼吸速率上升；反之，水溫下降時，呼吸速率則會下降。本研究結果顯示，水溫由 30°C 降至 15°C 時，**四隻魚之平均浮頭頻率隨水溫下降而降低。由此可知浮頭為一重要的呼吸行爲。**

二、水溫為 30°C 和 25°C 時，兩者差異並未達顯著水準

蓋斑鬥魚適合水溫為 22°C~27°C 度，可耐受的溫度範圍為 10°C~34°C。我們由研究結果中發現，**水溫為 30°C 和 25°C 時，兩者差異並未達顯著水準**(表五)。為顧及鬥魚可能在過高溫度時死亡，因此實驗設計時未將兩溫度處理距離拉開，故出現此結果。另外，酵素活性隨溫度上升，若高於最適溫度時，活性反而降低，因此鬥魚浮頭頻率可能反應出此現象。在圖一中，我們發現 A、C 魚和 B、D 魚的趨勢線有很大的不同。B、D 三隻魚都是 25°C 時浮頭頻率最高，30°C 次之，15°C 時最低，但 A、C 魚卻是 30°C 最高，25°C 時次之。可能的原因也許是魚隻本身的差異。測量過魚的體長後發現，A、C 魚的體長是四隻魚中較長的，體重較重，會不會因此而使得耐受溫度不同，則需日後加強此方向的研究。

三、浮頭頻率會受水中溶氧量影響

在改變水中溶氧量的實驗結果顯示，蓋斑鬥魚的浮頭頻率會因水中溶氧量而受到影響，與我們的預期結果並不符合。實際觀察時發現，水中溶氧量降低至只有 1mg/L 的情況下時，蓋斑鬥魚的浮頭頻率會變高，而且魚會停留在較接近水面的地方活動。反之，水中溶氧量為正常的 7mg/L 或偏高時，魚則會較常停留在水缸底部。我們推測原因**可能是因為當水中溶氧量不足時，蓋斑鬥魚能從水中獲得的氧氣量變少，因此必須增加浮頭次數以獲得更多的水面上的氧氣**，所以必須較接近水面以便浮頭換氣。而當水中溶氧量充足時，蓋斑鬥魚能從水中獲得正常的氧氣量，因此浮頭次數就會變少，所以蓋斑鬥魚除了迷器以外，可能還有其它呼吸器官可以幫助牠在水中獲得氧氣。其實當水中溶氧量高達 25mg/L 時，水中氧藉由皮膚的擴散作用可能也補充了部分的氧氣，因此本實驗應可降低水中溶氧的間距以進一步驗證鰓的功能。

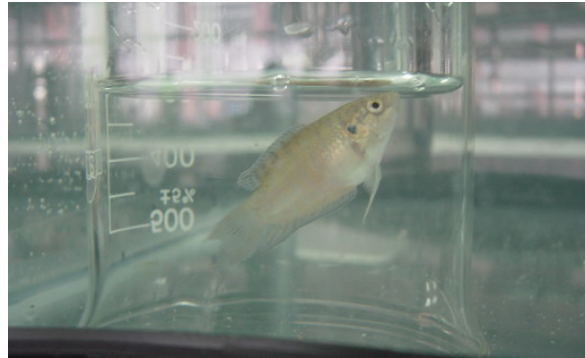
四、水面上氧濃度為 0% 時，魚會有嘴巴及鰓蓋動的明顯的情形

在水面上氧濃度降為 0% 時，大部分的鬥魚都會有掙扎的狀況並且有嘴巴和鰓蓋動得明顯的情形，除此之外，A 魚在第八分鐘甚至有身體傾倒的現象；B 魚則會出現週期性的浮頭行爲；E 魚則會緊貼著水面進行吞氣。但也有像是 C 魚和 D 魚沒有任何動作，與平時無異的情形。我們認為可能是由於鬥魚的迷器已取代了鰓而成為主要的呼吸器官，因此大部分的鬥魚才會有痛苦掙扎甚至是傾倒的行爲。而像是 C 魚和 D 魚沒有任

何動作的原因可能是爲了不消耗過多的氧氣而使自身的行動力降低，使自己減少對於氧氣的需求。



水面上含氧量 0%時，魚身傾倒



緊貼著水面進行吞氣

五、水面上氧濃度爲 40%時，鬥魚變得有活力，鰓蓋少出現開閉的現象

水面上氧濃度增爲 40%時，所有的鬥魚幾乎都變得具有活力，鰓蓋少出現開閉的現象。研究結果顯示，水面上氧氣含量爲 40%時，其浮頭頻率較水面上氧氣含量爲 20%時爲少，但是差異不太大。由 t-TEST 檢定的結果也發現除了 D 魚以外，其餘皆未達顯著水準，可能是每次浮上水面所獲得的氧量雖然較多，但真正能擴散進入體內的氧並無明顯增加。

六、迷器具有氣呼吸器官的功能

由文獻上得知迷器爲一種氣呼吸器官。要確定一個器官是否具有氣呼吸機能需要具備以下幾個特點：

(1).器官上皮應當有很多血液供應，有微血管網的分布，它的血液必須在通過這一器官的微血管後，從空氣中獲得充足的氧氣。

(2).器官的內腔和外界空氣之間，應當有正常的氣體交換。

(3).器官中所含的氣體和器官所排出的氣體，一定要比空氣中含氧量少，含二氧化碳多。

(4).凡是有內部氣呼吸器官的魚，都是從口吸取空氣。魚先游到水面，衝出水面來吸取氣泡，然後送入輔助呼吸器官，行氣體交換。

若能由解剖顯微鏡來觀察，應可了解鬥魚的迷器是否符合上述第 (1) 特點。基於解剖的技術不純熟的考慮，我們並沒有將此列入實驗。相同的 (2)、(3) 點也無法驗證。至於第 (4) 點，因浮頭行爲容易觀察，由本研究發現蓋斑鬥魚在水面上氧濃度爲零或水中溶氧量極低時，浮頭次數皆會明顯增加。但是水面缺氧會有掙扎或傾倒的行爲出現，而在水中溶氧量不足時並沒有異樣的行爲，因此我們推論迷器應該是蓋斑鬥魚主要的呼吸器官。

七、蓋斑鬥魚適合推廣飼養在小水池中

而迷器的重要性到底如何？本研究的結果應可由此推論迷器已具有氣呼吸器官的功能，由此也發現蓋斑鬥魚非常適合生存在溶氧量不足的靜止水域中，只要是未受化學污染的水池，應該都可以推廣飼養。另外，由於蓋斑鬥魚性嗜吃孑孓，若能進一步研究開發，對日漸猖狂的登革熱疫情應有所幫助。住家中若有種植盆栽者，飼養於盆底水盤中，既可防止蚊蟲孳生，蒔花兼養魚，亦為一大樂事。

陸、結論

一、鬥魚之每 5 分鐘的浮頭頻率會隨溫度上升而增加，可能是溫度能改變蓋斑鬥魚的新陳代謝，因而影響魚的活動力跟耗氧量，而使呼吸速率增加。因此推測浮頭行為為鬥魚的主要呼吸行為。

二、本研究發現水中溶氧量的高低仍會影響魚的浮頭頻率，推測鰓可能還有作用，但已經不是主要呼吸器官，反而演化成輔助呼吸器官。

三、本研究結果顯示空氣中的氧濃度對蓋斑鬥魚的浮頭頻率有極大影響，在水面上氧濃度為 0% 時，蓋斑鬥魚浮頭頻率會大量增加，甚至會出現掙扎、傾倒行為，可能原因是迷器已成為蓋斑鬥魚的主要呼吸器官，鰓反而退化成輔助呼吸器官，故水中溶氧量正常而水面上氧濃度產生變化時，仍會對蓋斑鬥魚的呼吸影響巨大。

四、由本研究可以發現蓋斑鬥魚非常適合生存在溶氧量不足的靜止水域中，只要是未受化學污染的水池，應該都可以推廣飼養。

柒、參考文獻

- 一、王湘瑜、但漢真、許筱瑜，「溫度」對蓋斑鬥魚的「生殖表現」有何影響，中華民國第四十四屆中小學科學展覽會高中組生物〈生命科學〉科。
- 二、施琮芳，魚類生理學，初版，水產出版社，p.58、p.64-p.65、p.89、p.94、p.96，1994。
- 三、真島 誠 著、范嘉卿、楊弘業、黃之暘譯，1998，迷鯰魚，水族生態雜誌社，p.60-p.63。
- 四、詹見平、吳世能，1994，蓋班鬥魚生態與復育，台中縣山城生態環境維護協會，p.9、p.21-p.25。
- 五、謝繕聯、沈志謙、熊家亨，「食物量」，對蓋班鬥魚「生殖表現」有何影響，台北市中等學校 93 年學生科學研究獎助計劃高中組生物科。

附表一：規律性及個體差異原始資料表

魚隻	性別	早上					中午				下午			
A	1	9	4	8	6	16	10	5	6	4	8	4	8	
A	1	6	3	5	4	13	7	6	9	5	9	4	7	
A	1	5	7	8	6	9	7	6	5	5	7	4	7	
A	1	10	7	4	8	9	6	7	5	6	4	5	7	
A	1	8	6	5	6	12	9	7	4	4	7	9	6	
B	1	3	3	5	4	3	3	2	3	3	3	3	.	
B	1	2	3	4	2	3	2	5	3	2	2	2	3	
B	1	2	6	2	2	2	2	4	2	3	3	5	.	
B	1	3	7	4	2	5	2	6	4	3	2	1	.	
B	1	2	5	2	3	3	2	4	2	3	3	2	.	
C	2	5	6	5	5	3	4	5	2	4	4	7	7	
C	2	5	4	6	5	4	4	6	6	7	3	4	6	
C	2	6	5	5	7	5	5	5	2	5	5	9	7	
C	2	5	7	5	7	4	5	3	3	3	5	6	7	
C	2	4	6	4	3	6	6	7	3	5	3	4	5	
D	2	1	4	2	5	2	2	4	3	4	4	4	7	
D	2	3	2	4	3	3	3	5	4	3	7	5	5	
D	2	3	3	7	3	2	1	4	3	4	6	2	3	
D	2	4	6	6	4	4	3	4	5	4	5	1	3	
D	2	4	4	6	4	4	4	3	6	2	5	2	3	
E	2	0	2	.	.	2	2	2	2	4	.	.	.	
E	2	2	1	.	.	3	2	1	3	3	.	.	.	
E	2	2	3	.	.	2	1	3	1	4	.	.	.	
E	2	2	3	.	.	2	3	1	3	2	.	.	.	
E	2	1	3	.	.	3	3	2	2	3	.	.	.	
F	1	3	3	3	5	2	2	1	5	4	8	4	9	
F	1	2	5	1	5	1	4	3	4	3	7	6	7	
F	1	3	6	3	5	1	5	5	4	3	5	4	3	
F	1	1	3	5	4	3	3	4	3	3	9	5	3	
F	1	3	3	4	6	2	2	5	3	5	9	7	5	
G	2	6	4	.	.	.	.	.	.	5	4	8	.
G	2	4	4	.	.	.	.	.	.	4	2	5	.
G	2	4	3	.	.	.	.	.	.	5	3	6	.
G	2	2	2	.	.	.	.	.	.	6	5	5	.
G	2	4	3	.	.	.	.	.	.	5	4	4	.

附表二：改變水溫的原始記錄表

魚隻	性別	15° C	25° C	30° C
A	2	4	5	5
A	2	5	3	5
A	2	4	2	7
A	2	3	5	7
A	2	2	5	3
A	2	0	4	7
A	2	1	7	4
A	2	0	6	9
A	2	1	5	6
A	2	1	6	4
B	2	1	3	5
B	2	2	3	3
B	2	3	4	3
B	2	3	5	4
B	2	1	3	4
B	2	0	2	4
B	2	1	4	5
B	2	1	5	2
B	2	1	2	1
B	2	1	4	2
C	1	2	2	5
C	1	2	3	5
C	1	3	1	5
C	1	2	2	4
C	1	2	2	6
C	1	1	1	4
C	1	2	2	6
C	1	0	3	4
C	1	1	1	5
C	1	2	1	7
D	2	2	2	4
D	2	1	2	4
D	2	1	3	3
D	2	3	5	2
D	2	4	4	3

D	2	0	6	4
D	2	1	7	2
D	2	2	8	3
D	2	0	3	5
D	2	1	7	4

附表三：改變水中溶氧量原始資料表

魚隻	性別	25mg/L	7mg/L	1mg/L	魚隻	性別	25mg/L	7mg/L	1mg/L
A	1	2	6	20	D	2	2	5	5
A	1	2	4	17	D	2	3	3	6
A	1	3	6	18	D	2	3	3	5
A	1	2	8	21	D	2	2	4	7
A	1	7	6	19	D	2	2	4	5
A	1	6	5	21	D	2	3	4	5
A	1	6	6	19	D	2	3	2	4
A	1	3	4	16	D	2	2	3	4
A	1	1	8	15	D	2	2	2	4
A	1	5	5	17	D	2	2	4	5
A	1	3	7	13	D	2	3	4	3
A	1	4	7	14	D	2	2	2	4
A	1	2	5	15	D	2	1	2	4
A	1	3	7	14	D	2	0	3	3
A	1	3	4	13	D	2	3	2	5
A	1	2	6	14	D	2	2	3	6
B	1	2	4	8	E	1	1	5	9
B	1	0	2	8	E	1	2	5	9
B	1	1	2	9	E	1	2	5	9
B	1	2	2	8	E	1	4	4	5
B	1	1	3	8	E	1	3	6	9
B	1	2	3	8	E	1	1	4	4
B	1	2	4	9	E	1	2	4	5
B	1	0	2	9	E	1	0	4	10
B	1	1	2	7	E	1	1	5	8
B	1	0	2	8	E	1	1	5	8
B	1	0	3	7	E	1	2	5	6
B	1	2	1	7	E	1	2	6	9
B	1	0	3	5	E	1	3	2	8
B	1	1	1	6	E	1	5	7	12
B	1	1	1	6	E	1	2	5	7
B	1	1	2	8	E	1	2	4	8
C	2	3	5	7	F	2	1	4	6
C	2	3	5	6	F	2	1	4	6
C	2	6	7	7	F	2	0	3	6

C	2	4	7	6	F	2	2	2	9
C	2	5	3	5	F	2	2	3	8
C	2	4	8	8	F	2	2	3	5
C	2	4	3	5	F	2	1	1	11
C	2	3	5	4	F	2	3	2	5
C	2	1	3	7	F	2	4	5	6
C	2	2	5	3	F	2	4	4	7
C	2	3	6	8	F	2	3	4	5
C	2	4	6	8	F	2	4	3	6
C	2	4	6	8	F	2	2	2	3
C	2	3	6	4	F	2	2	2	7
C	2	3	4	9	F	2	2	3	2
C	2	3	4	17	F	2	1	2	8

附表四：改變水面氧濃度的原始資料

魚隻	性別	0%	20%	40%
A	1	30	5	7.5
A	1	32.5	10	10
A	1	37.5	7.5	12.5
A	1	10	10	12.5
A	1	7.5	12.5	10
A	1	22.5	10	7.5
A	1	25	5	10
B	2	40	5	5
B	2	5	2.5	2.5
B	2	15	5	2.5
B	2	0	5	7.5
B	2	20	2.5	2.5
B	2	5	5	2.5
B	2	15	2.5	2.5
C	2	15	7.5	2.5
C	2	10	5	5
C	2	15	0	2.5
C	2	12.5	5	2.5
C	2	10	5	2.5
C	2	10	0	0
C	2	7.5	5	2.5
D	1	17.5	10	2.5
D	1	17.5	15	5
D	1	10	7.5	2.5
D	1	10	7.5	0
D	1	5	10	2.5
D	1	7.5	7.5	2.5
D	1	10	12.5	2.5
E	2	17.5	10	7.5
E	2	25	5	2.5
E	2	12.5	10	5
E	2	17.5	5	5
E	2	12.5	7.5	10
E	2	15	5	5
E	2	17.5	2.5	5

