

## 一、 研究動機：

平常在夜市或其他熱鬧的市集，總會充斥著各式各樣的遊戲，儘管略帶一絲絲競技與賭博的意味，但卻是刺激又有趣。在種類這麼繁雜的遊戲當中，一項熱門而常見的遊戲就是「撈金魚」。這也是我們從小到大最常也最喜歡的遊戲之一。那一隻隻色彩鮮豔奪目的金魚，曾帶給我們如此豐富和愉快的回憶；但是很遺憾的，即使「撈金魚」的成果再豐碩，我們卻不一定真正知道該如何來飼養這些小小的魚兒們，撈到的金魚常常很快的就夭折，很少有機會看到這些金魚日漸成長茁壯。經過一學期更深入的統計訓練，我們希望能夠透過統計數量的方式，來找出飼養金魚最恰當的方式、最適合的環境組合，以期對日後飼養魚類能有所助益。

## 二、 研究目的：

在有限的資源下（包括時間、空間與經費等問題），利用學習過的實驗設計與統計方法，設計出有效而有意義的實驗內容。並透過謹慎的實驗操作程序，盡可能的求得精確的實驗數據結果，以了解各項不同的環境因子（包含飼料、空間、氧氣、光線等因素），對於小金魚的成長所造成的影響；發掘出何種組合對於小金魚的成長率有最正面的幫助。

## 三、 因子定義：

接著我們便要開始設定一些適合本實驗的因子，於是我們便列舉出了以下八種可能影響魚類成長的因子：

- (1) 飼料量
- (2) 飼料種類
- (3) 活動空間
- (4) 打氣量
- (5) 陽光
- (6) 水草
- (7) 溫度
- (8) 外在威脅

下面便簡述這八種因子訂立的原因、定義及實施上的可行性：

- (1) 飼料量：飼料量是最顯而易知的因子，餵食的數量與成長的速度理論上是必然會相關的，而在實行上，控制餵食之飼料量亦相當容易。在 Level 的定義上，由於考慮到每隻魚的體重約為 1 克的情況下，我們訂立正的 Level 為 0.2 克每天，負 Level 為 0.1 克每天。這裡的數量是單位的魚隻，故在實際操作時，必須把這個量再乘以每個魚缸中的魚隻數，就是這個魚缸每天實際要餵食的量。
- (2) 飼料種類：如同人類的飲食，不同的食物含有不同的營養素，對人體的健康也有不同的影響，因此在魚類的身上也是相同。市面上有許多各種不同牌子，不同類型的飼料，因此實行上應無困難，經過挑選後，最後我們挑選了 Tetra 的乾燥紅蟲飼料(見附圖 B)作為正的 Level，一般顆粒狀飼料(見附圖 B)作為負的 Level，之所以會如此定正負的原因是根據水族館的資訊，乾燥紅蟲飼料有較多的營養，價錢也較貴，但是否真的如此則有待實驗的數據作進一步驗證。
- (3) 活動空間：以過去養魚的經驗，魚類在一個狹小的空間中，會有較不自在與不健康的感覺，因此我們以此來探討是否活動空間與魚類的成長有關，在實行上我們採用以相同的魚缸中放入不同的魚隻數來探討此種關係。我們採取作為魚缸的容器是有蓋的塑膠盒（見附圖 E、F），採用正的 Level 的魚缸放入 5 隻魚，空間較大，採用負的 Level 的魚缸放入 10 隻魚，空間較小。
- (4) 打氣量：根據一些相關資料，除了少部分的魚種(如鬥魚)不太需要打氣之外，大部分的魚種在飼養時都需要打氣的設備以增加水中含氧量，而根據魚種的不同所需要的含氧量也有所不同，因此我們就要探討是否魚缸的打氣量(也就是指水中的含氧量)會對魚的成長發生影響。我們在經過挑選後，使用了打氣強度不同的兩種打氣幫浦(見附圖 D)，強度較強的幫浦是為正的 Level，另外再將打氣量較弱的幫浦的連接風管一分為二，為負的 Level，目的是使兩種幫浦間的差異更明顯，使效果較好觀察。
- (5) 陽光：陽光因子即是照射日光與否，以日光為萬物能源之母的角色，我們也想分析是否日光照射會對魚的成長產生影響，在操作上我們將正的 Level 定義為放在日光可照射到的窗戶邊（仍然不會讓陽光直射魚缸，怕造成溫度過高使魚隻死亡），而負的 Level 則是放在幾乎沒有光線的桌子下。
- (6) 水草：根據相關資料，魚缸中若有種植水草，將會使魚的生活環境更接近自然，因此我們便認為水草的因素可能會對魚的生長產生影響，但在實行上有很大的困難，首先是若要栽種水草，必須要先鋪上一層底砂，再來可能還要施肥，否則水草可能會很容易死，這些種種步驟可能會增加實驗中的 noise，故在經過考慮後決定不採用本因子。
- (7) 溫度：根據過去養魚的經驗，魚隻在溫度較低時，會變的較不愛動，連帶也會影響食慾，而在溫度高時，較為活潑，食慾也較好，因此我們便想以溫度因子來觀察是否會影響魚的成長，在實行上我們在詢問過水族館後得知，較便宜的加溫棒只能再水溫低於一個值時加溫，使水溫上升，但無法將水溫控

制在一個定值，故不合乎本實驗要求，而可以將水溫控制的電子控溫棒價格過於昂貴，所以在成本有限的情況下，我們也放棄了本因子。

- (8) 外在威脅：這個因子指的是所以可能對魚的生命造成直接威脅的生物，可能為較大的魚，或是貓狗之類。我們也很有興趣知道是否這也會對魚的成長產生影響，但在實行上也有困難，我們無法找出一個方法能確實讓魚「認知」到它是受到威脅的，故我們也放棄了本因子。

討論所有因子之後，我們將因子及其各自的 Level 定義列在下表：

因子	+ Level	- Level
飼料量	0.2/隻-天	0.1/隻-天
飼料種類	乾燥紅蟲飼料	顆粒狀飼料
活動空間	5 隻/缸	10 隻/缸
打氣量	馬力較強幫浦	馬力較弱幫浦
陽光	缸至於陽光可照射處	缸置於陰暗處
水草	刪除	
溫度	刪除	
外在威脅	刪除	

#### 四、 實驗裝置：

1. 金魚六十條
2. 飼養水槽八個
3. 高功率打氣機二台（圖 C）
4. 低功率打氣機二台（圖 D）
5. 分氣接頭二枚（圖 G）
6. 人工飼料
7. 乾燥蟲（天然魚飼料）

#### 五、 魚種介紹：

鯽系金魚其體形很像野生金魚，體軀呈流線形或紡錘形，有背鰭或單尾鰭，眼睛是正常的眼睛，我們又稱它為朱文錦。這是最早出現的金魚品種，其他金魚品種都是由此演化而成的，短尾鯽系金魚和野生鯽魚一樣，都具有相同的流線形身體和單尾鰭，流動迅速、身體強健，抵抗力及適應的程度都很高，是最理想的

水族箱內初學入門的金魚品種，雜食性，可餵食各種人工飼料，容易飼養。

朱文錦為不同品系的金魚之雜交子代，經過不斷的選種淘汰，所獲得具有紅色體色的朱文錦。因為朱文錦是一雜交的魚類，故其子代的體色尚不穩定，會有黑色，粉紅色及白色的子代出現，業者一般均保留紅色體色的子代，繼續養大，以作為龍魚的餌料，可以增加龍魚的體色，在龍魚養殖興盛的時期，朱文錦身價非凡，目前主要作為肉食性觀賞魚的餌料。由於其鰭柔軟，沒有硬棘，繁殖容易，故常被用來作為養殖尊貴肉食性魚類的活餌。

## 六、 注意事項：

1. 飼養金魚所用的水必須先放置在水盆中擱置超過半天的時間才能夠用來飼養金魚。
2. 換水時水溫不能與原來飼養水槽中污水的水溫相差太多，否則金魚可能會因此暴斃。
3. 慎防金魚跳出飼養槽。
4. 打氣機必須高於飼養槽中的水平面才能有效打氣。

## 七、 實驗裝置：

實驗裝設在壓克力盒內，水量裝至離盒面一公分處；為了防止魚從盒子中跳出來，所以在平時只開一個小縫讓空氣流通。Block 效應定為裝置在兩位實驗者的家中，魚在不同環境下造成的影響。餵食的時間統一於每日的早晨八點與晚上八點，每十二小時一次，每次餵食一半的總飼料量。

## 八、 實驗設計：

由於最後定義出五個因子，但是執行  $2^5$  即 32 個實驗來說，太花費成本與時間，所以，我們在只想判斷單一因子影響的情況下，假設交互作用不明顯，所以決定以  $2^{5-2}$  的部分因子實驗來進行。實驗的設計如下：

(插入圖表)

Std	Run	block	A:飼料量	B:飼料種類	C:空間	D:打氣量	E:陽光
5	1	Block 1	-1	-1	1	1	-1
3	2	Block 1	-1	1	-1	-1	1
4	3	Block 1	1	1	-1	1	-1
6	4	Block 1	1	-1	1	-1	1

2	5	Block 2	1	-1	-1	-1	-1
8	6	Block 2	1	1	1	1	1
7	7	Block 2	-1	1	1	-1	-1
1	8	Block 2	-1	-1	-1	1	1

之後我們經過一週的飼養之後，再一次量測於魚的重量變化。結果如下：

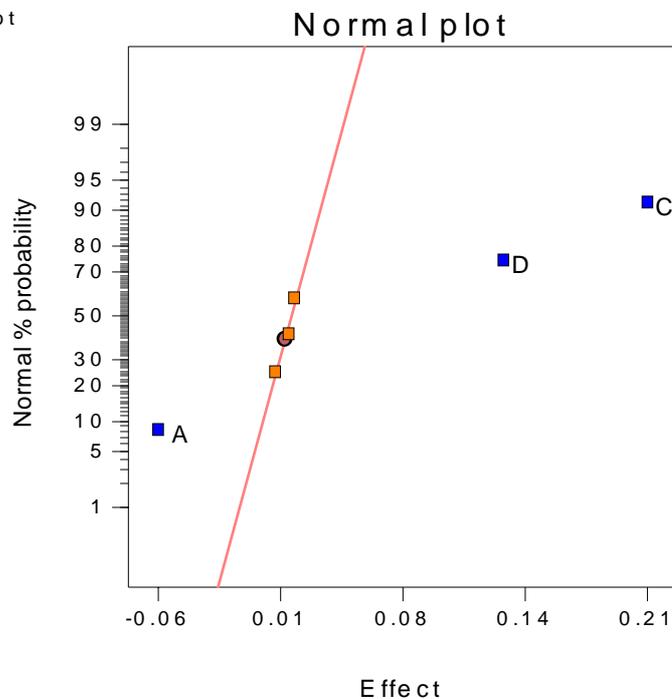
Run	原先重量	實驗後重量	比例	小數點後三位%	%
1	5.6	7.88	1.407142857	1.407	0.407
2	10.1	11.03	1.092079208	1.092	0.092
3	9.16	10.5	1.14628821	1.146	0.146
4	4.43	5.42	1.223476298	1.223	0.223
5	9.8	10.29	1.05	1.05	0.05
6	5.8	8.23	1.418965517	1.419	0.419
7	4.4	5.86	1.331818182	1.332	0.332
8	9.73	12.15	1.248715313	1.249	0.249

我們將實驗結果得出的成長百分比，當作實驗的結果來加以分析與觀察，理由是因為若單純將增加的重量來做分析，會有數字單位大小太過接近導致結果不

顯著的問題，所以採取相對成長百分比的方式，**分析結果**如下：

DESIGN-EXPERT Plot  
Response 1

A: A  
B: B  
C: C  
D: D  
E: E



Response:	Response 1					
ANOVA for Selected Factorial Model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares]						
	Sum of		Mean	F		
Source	Squares	DF	Square	Value	Prob > F	
Block	0.0041405	1	0.004141			
Model	0.1306845	3	0.043562	167.8671	0.0008	significant
A	0.0073205	1	0.007321	28.21002	0.0130	
C	0.089042	1	0.089042	343.1291	0.0003	
D	0.034322	1	0.034322	132.262	0.0014	
Residual	0.0007785	3	0.00026			
Cor Total	0.1356035	7				

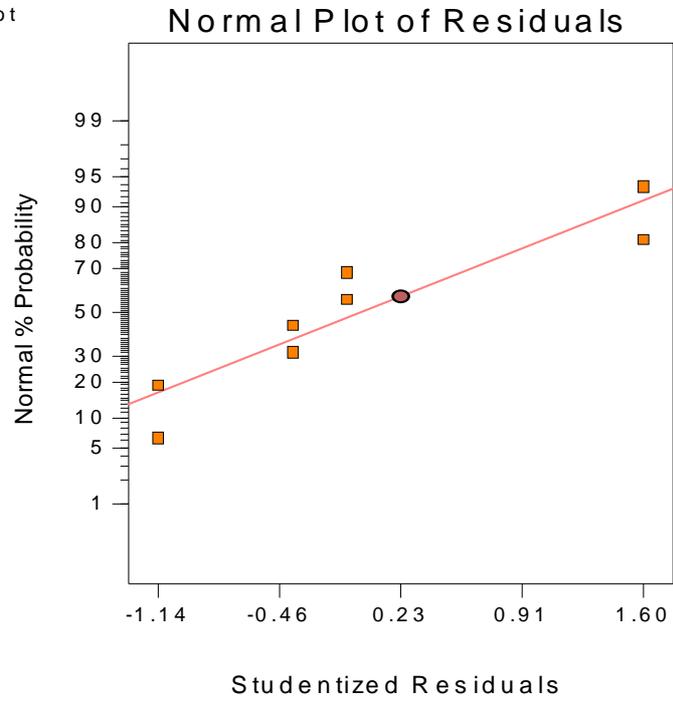
Std. Dev.	0.016109	R-Squared	0.994078
Mean	0.23975	Adj R-Squared	0.988156
C.V.	6.719084	Pred R-Squared	0.957889
PRESS	0.005536	Adeq Precision	28.03235

**Final Equation in Terms of Coded Factors:**

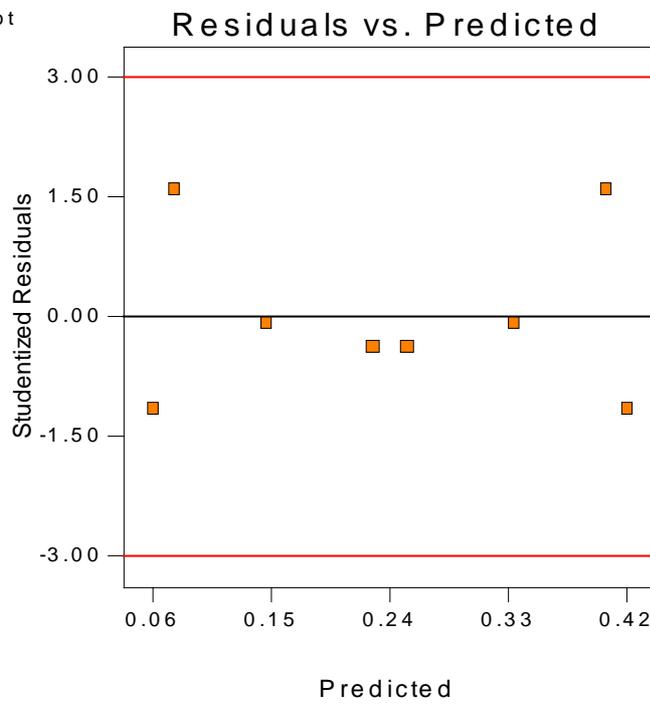
$$\text{Response 1} = +0.24 - 0.030 * A + 0.11 * C + 0.066 * D$$

## 九、 殘差分析：

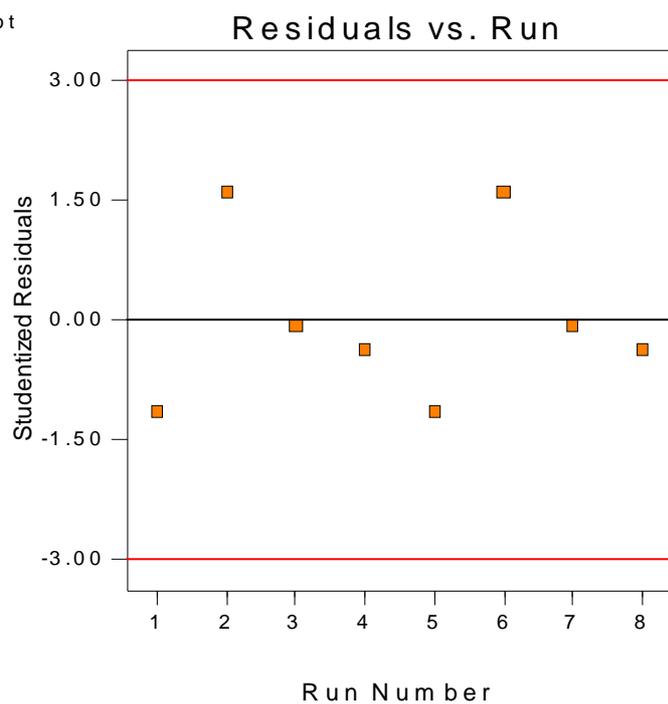
DESIGN-EXPERT Plot  
Response 1



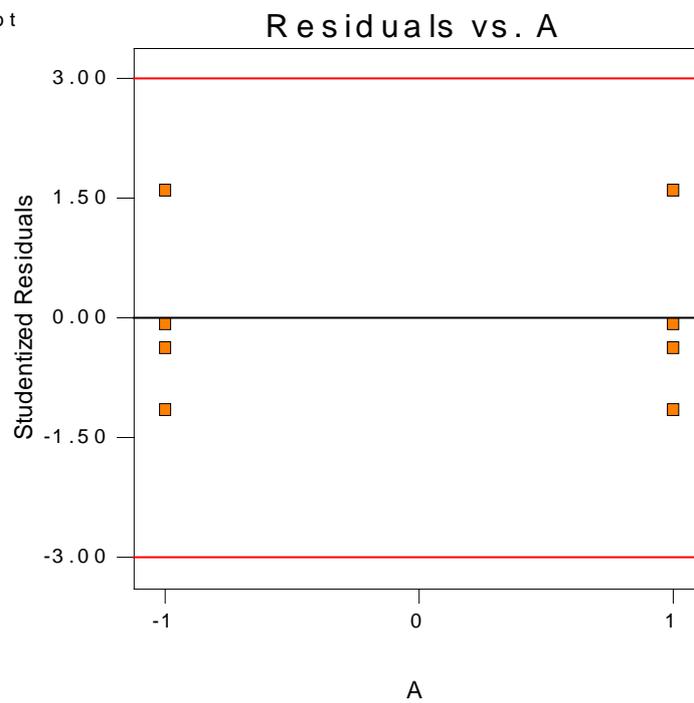
DESIGN-EXPERT Plot  
Response 1



DESIGN-EXPERT Plot  
Response 1



DESIGN-EXPERT Plot  
Response 1



## 十、 結論：

由以上的分析結果發現，顯著因子為 A 飼料量、C 活動空間、D 打氣量。

飼料量（負向影響）：這部分跟原先猜測可能的結果完全相反，我們討論後認為可能的原因是，我們一開始定義的飼料量定義還是太多，所以造成魚沒辦法將飼料吃完，因此這些剩餘的飼料殘餘在水中就會污染水質，使魚隻較不健康，所以放的飼料量越多，反而對魚的成長呈負向影響，這是比較合理的結果。

活動空間（正向影響）：由回歸式得知，活動空間是對魚的成長影響最大的因子，且呈正向影響，因此我們推測，魚的活動空間的差異，會對魚的成長產生較大的影響。

打氣量（正向影響）：這裡觀察到的是，水中的溶氧量越高，對魚的成長越有幫助，因此可知水中的氧氣對魚類的生存影響是非常大的。

## 十一、 其他發現與建議：

### 定義量的多寡？

首先，因為初期的定義上或許有瑕疵，導致我們餵食的飼料量過多，因此造成得出飼料越少越好的結論，原因應該是在於，我們定義的少量其實可能已經高於這個魚種的高量了。所以，經過這次實驗，應該可以更精確的掌握這類的資訊。

### 污染源？

由於飼料餵食過多，所以我們發現，其實吃不完的飼料造成了另外一個因子，就是污染源的問題。所以，飼料量這一個因子的 effect，可能已經跟水質的污染程度這個沒有被考慮的因子混合了，這是另一個需要改善的。

### 成本問題？

我們在找尋魚種的時候，其實有詢問到成長更明顯的魚種，但是由於單價過高而放棄，在這個實驗中，也是因為成本與時間的考量，所以才會界定出較簡單的少量實驗來降低成本，因此，我們只能觀察到單一因子的影響，而必須割捨關於交互作用的可能性。另外，不同的魚種間，也會對環境有不同的偏好，如果能針對不同的魚種，利用 block 的方式來刪去魚種本身的變異的話，或與能有更好的結果呈現。

### 打架問題？

我們發現，這種魚在過於擁擠的空間下，會有攻擊同伴的情況，所以這也可能是由於魚種的不同，造成空間上的因子效果被放大了，空間導致魚的成長會因為受傷而變的遲緩，這也是一個因素。

## 十二、實驗照片：



圖 A

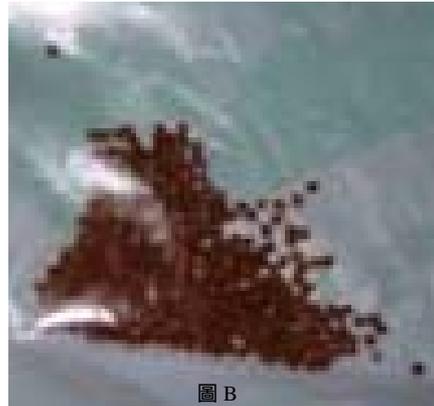


圖 B

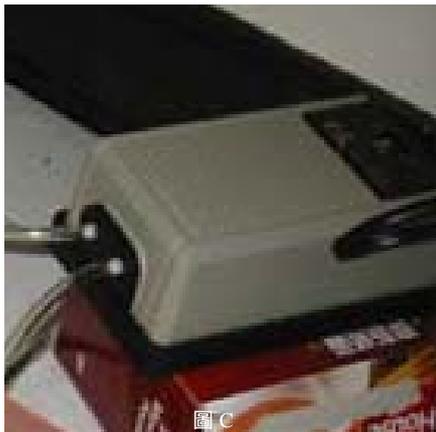


圖 C



圖 D



圖 E



圖 F



圖 G