

投稿類別：自然探究

篇名:

探討不同光照條件對白化蛇的行為敏感度

作者

鄧雅云。萬寧國小。六年甲班

潘霓詠。萬寧國小。五年甲班

潘霓晞。萬寧國小。六年甲班

鍾欣怡。萬寧國小。五年甲班

指導老師

謝尚晉老師

王琳懷老師

壹、前言

一、研究動機

在上學期的環境教育課程中，老師為我們上了一堂認識蛇類的課程，因學校位處花東縱谷上，校園生態十分豐富，蛇類也常出現在我們校園裡。課堂中，老師除了帶大家認識蛇類之外，也帶了自己飼養的寵物蛇來給我們體驗，在接觸蛇的過程中我們發現，同一種類的蛇牠們的體色有五顏六色的變化，也有部分個體眼睛呈亮紅色。老師說：「蛇類的體色是由皮層的色素所控制，有幾隻個體全身看不到任何黑色斑紋，就連眼睛也缺乏黑色素，如此形態的表現是因為罹患白化症，白化症的動物天生會有懼光行為」。在五年級的自然課我們學過：「光可分為可見光和不可見光，紅、藍、綠是光的三原色」。綜合以上訊息，我們決定以這些圈養蛇為研究對象，透過實驗，來探討白化蛇在不同光照條件下之行為差異。

本次的專題研究與教學單元有連結的有：國小自然課本五年級上學期第一單元「動物面面觀」及第二單元「光與聲的世界」，還有國小數學課本六年級上學期第四單元「比值」。

二、研究項目

我們以人工繁殖(Captive Bred)的加州王蛇為研究對象，白化(Albino)個體為實驗組，正常個體(Normal)為對照組，主要的研究項目共有四項：

- (一)白化蛇的形態特徵觀察。
- (二)白化蛇在紅、藍、綠三種色光下之敏感度比較。
- (三)白化蛇暴露在 UV 光照下之敏感度探討。
- (四)基於光照因素，在圈養白化蛇上提出管理建議。

三、研究程序(圖 1)



圖 1 研究程序

貳、文獻回顧

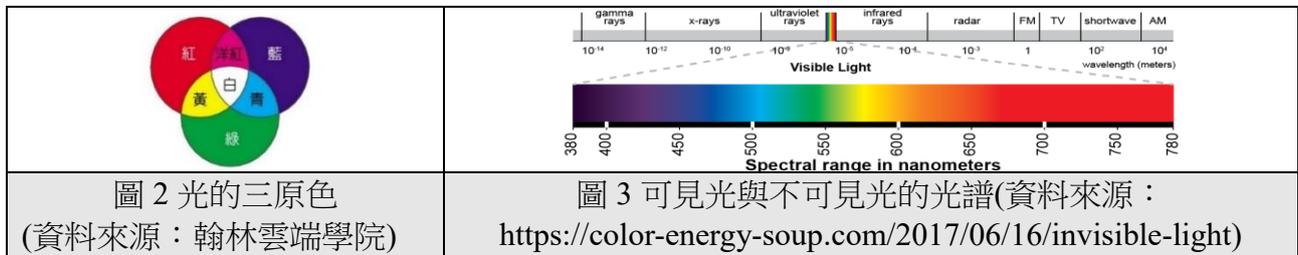
一、名詞解釋

(一) 白化症(Albinism)

白化症是一種先天的遺傳性疾病，患者體內因天生缺乏酪胺酸酶（Tyrosinase）而影響黑色素的生成(維基百科)；罹患白化症的蛇類稱為白化蛇(Albino snake)，由於身體缺乏黑色素而導致白化蛇通常會顯示出淡色系的顏色，以及紅色或淡粉色的眼睛，對光線特別敏感(杜銘章，2004)。

(二) 可見光(Visible Light)與不可見光(Invisible Light)

光是電磁波的一種，不同種類的光會有不同的波長範圍，而人類肉眼所能看到的光稱為可見光，例如不同顏色的色光，波長範圍大約在 380nm-780nm 之間(圖 3)，各種色光是由基本的紅、綠、藍光所合成(圖 2)；不可見光是指人類的肉眼無法看到的光，例如紅外線(Infrared Light)、紫外線(Ultraviolet Light)等(圖 3)(國立台灣科學教育館)。



二、光照對動物行為的相關研究

動物的眼睛是接受光訊息的重要受器，美洲蟑螂(*Periplaneta american*)具有單眼及複眼兩對眼睛，張宸睿等(2009)以 LED 燈作為光刺激，發現美洲蟑螂的單眼及複眼對光的敏感度未達明顯差異，都有偵測光的功能。紅色光會對澳洲螯蝦(*Cherax quadricarinatus*)產生最大的避光行為(楊鴻賜等，2012)。鉤盲蛇(*Ramphotyphlops braminus*)的雙眼已經退化，僅剩隱藏於鱗片下的感光眼點(杜銘章，2004)，楊惠婷等(2005)進行鉤盲蛇的行為探討，發現鉤盲蛇在光照之下 100%會選擇黑暗處。

白化症動物在寵物市場上十分常見，爬行類動物中例如玉米蛇 (*Pantherophis guttatus*)、加州王蛇 (*Lampropeltis californiae*) 和佛州王蛇 (*Lampropeltis getula floridana*) 和西部豬鼻蛇(*Heterodon nasicus*)等(圖 4)。儘管書籍中提及白化個體對光線有過度敏感的傾向(長坂拓也，2000；杜銘章，2004)，但缺乏相關的量化研究。

本次我們的實驗以加州王蛇為例，旨在探討白化個體在光照條件下的敏感程度，透過研究，希望能在圈養蛇的飼養層面上提供建議。



圖 4 寵物市場上常見的白化蛇類

參、研究設備與器材

一、實驗動物介紹與飼養

本次實驗所選定的蛇種為加州王蛇，為確保蛇的健康狀況、環境適應性及實驗所需數量，我們採用 2024 年人工繁殖的新生個體，牠們來自兩個不同的親代。在篩選實驗蛇之前會以視覺方式觀察蛇的健康狀態，若體表有傷痕、體態消瘦、準備脫皮、疾病(下痢、呼吸道感染、行為異常)，則不予用來實驗。另外為了排除幼蛇有環境適應不良而緊迫的情形，在實驗之前我們會對每隻幼蛇進行飼養，確保每隻個體在飼養環境中能穩定進食至少五次，且避免有驚嚇、竄動等緊迫行為(圖 5)。



圖 5 實驗蛇的繁殖與飼養

二、實驗設備



肆、實驗方法與步驟

一、實驗觀察箱的設計

這次實驗我們設計了以玻璃飼養缸為基礎的實驗觀察箱，並將實驗燈管的半側包覆鋁箔以進行遮光處理，另一半則保持光照，燈管放置在觀察箱的正上方距離箱底 25 公分處，並在有光照的一端加裝反光板，讓光照區與遮光區劃分更為清楚。為排除兩區域因溫度差而讓蛇產生停留點選擇的問題，我們用紅外線測溫器來測量表面溫度，所幸 14W 燈管並不會對溫度有明顯的影響(如圖 6)。

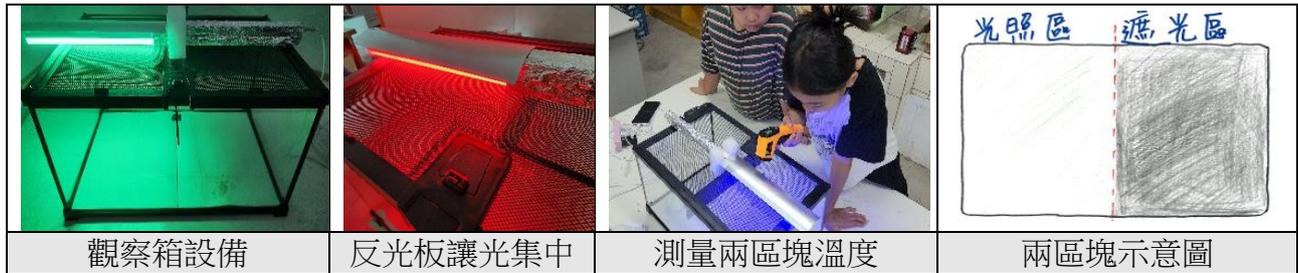


圖 6 觀察箱設備與環境

本次實驗的操作變因是可見光與不可見光，所以我們選用了無紫外線的 LED 燈管（可見光）及紫外線黑燈管（不可見光）(表 1)。

二、行為觀察與記錄

加州王蛇是日行性蛇類(長坂拓也，2000)，所以我們實驗選擇在白天進行。首先用蛇鉤將實驗蛇放入觀察箱內，讓牠在內熟悉環境 15 分鐘後再開啟光源，使用智慧型手機連續錄影 7200 秒(2 小時)，之後將影片上傳至電腦，從中計算蛇在光照區和遮光區停留的時間(圖 7)。為了避免其它環境因子影響蛇的活動行為，實驗箱的內和外部的環境條件如表 1。

表 1 光照與環境條件規格表

光照條件						實驗地點與觀察箱環境條件		
光類別	種類	燈管長度(cm)	功率(W)	亮度(流明)	紫外線	照/遮光區表面溫度	實驗地點	周圍亮度(流明)
可見光(LED 燈)	紅光	60	14	90~120	無	相同	實驗室	75~80
	藍光	60	14	90~120	無	相同	實驗室	75~80
	綠光	60	14	90~120	無	相同	實驗室	75~80
不可見光	黑燈管	60	14	無	有	相同	實驗室	75~80

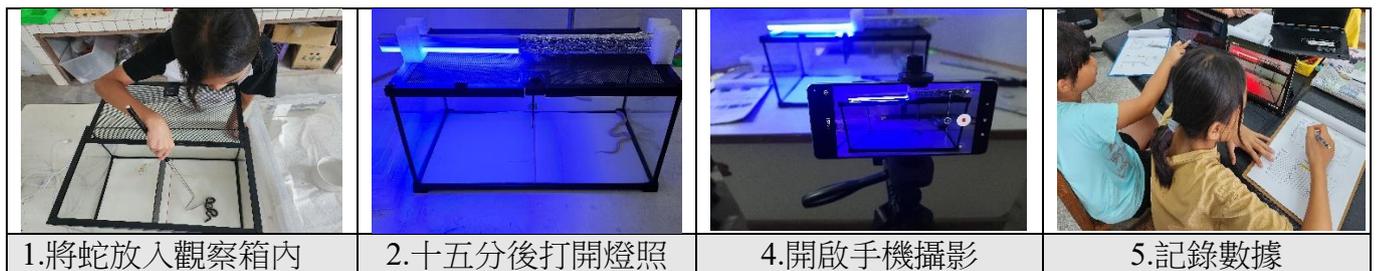


圖 7 實驗操作步驟

三、光照敏感度(Light sensitivity)的量化

我們以蛇停留在光照區與遮光區的時間來做量化，再以六年級數學課所學過的「比值」來計算。以「光照的總時間」除以「蛇在光照區停留時間」得到的比值來代表光照敏感度，若光照敏感度的數值越大，代表蛇避光程度越高，計算公式如下。

$$LT = TT - ST$$

備註：LT=光照區停留時間(秒)、TT=光照總時間(秒)、ST=遮光區停留時間(秒)

$$LIS = \frac{TT}{LT}$$

備註：LIS=光照敏感度、TT=光照總時間(秒)、LT=光照區停留時間(秒)

四、數據分析

我們使用 Microsoft Excel 軟體來做實驗數據的建檔及計算光照敏感度，並應用 SAS 統計軟體進行獨立樣本 t 檢定(Independent sample t-test)。

伍、結果與討論

一、研究項目(一)：白化蛇的形態特徵觀察。

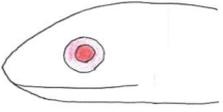
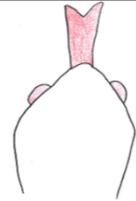
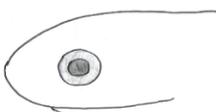
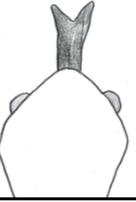
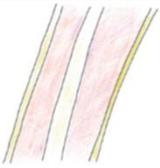
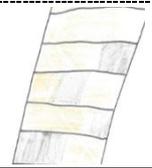
(一) 結果

這次我們挑選了直線紋路(Stripe)的加州王蛇進行實驗，除了觀察白化個體(實驗組)之外，也與正常個體進行比對(圖 8)。兩者的形態觀察顯示，眼睛、身體紋路、舌頭的顏色，有明顯不同，觀察結果如表 2。



圖 8 加州王蛇的白化個體與正常個體(直線紋路)

表 2 觀察加州王蛇的白化個體與正常個體之結果匯整

眼睛	白化		.白化個體虹膜和瞳孔呈粉紅和紅色	舌頭	白化		.白化個體舌頭呈淺粉紅接近紅色
	正常		.正常加州王蛇眼睛的虹膜呈深灰色，瞳孔呈黑色		正常		.正常的加州王蛇舌頭通常呈深灰色
身體紋路(背部)	白化		.白化個體紋路呈金黃色、肉白色或白色	身體紋路(腹部)	白化		.腹鱗的形狀明顯和頭部及背部的鱗片形狀不同
	正常		.正常加州王蛇身體顏色呈黑、白色相間		正常		.兩者腹部都是米白色，正常個體腹鱗上有黑色斑塊

(二) 討論

我們這次的觀察發現，白化加州王蛇與正常個體的主要差異在於色素的表現，進而影響牠們的體色、舌頭、眼睛及腹部紋路的外觀。白化個體由於缺乏黑色素，導致整體的顏色較為柔和且明亮。在比對之下，我們也進一步了解到，正常的加州王蛇體內除了黑色素之外，還存有黃色和紅色的色素，這些色素在正常情況下未顯現出來，可能是被黑色素覆蓋所致，當黑色素缺失或不表現時，這些潛在的色素才會顯現，使白化個體呈現出金黃色及紅色的體色特徵。

探討不同光照條件對白化蛇的行為敏感度

一開始，我們曾誤以為白化蛇就是所謂的「白蛇」，即全身呈現純白色。經由這次的觀察，我們得知白化加州王蛇的體內仍殘留其它色素，此說明白化僅是黑色素的缺失，而非所有色素完全消失，若要呈現「完全白化」不僅需黑色素的缺失，還必須移除其它色素條件。

二、研究項目(二)：白化蛇對紅、藍、綠三種色光下之敏感度比較。

(一) 結果

1. 白化加州王蛇對三種色光的敏感度比較

本次實驗的觀察總時間為 7200 秒，透過光照的總時間除以蛇在光照區停留時間所得到的光照敏感度之結果顯示，白化加州王蛇對紅光的敏感度均值為 2.101，藍光均值為 2.825，綠光均值為 1.952(圖 9)。這表示藍光對白化蛇的刺激程度最高，紅光其次，綠光最低。由此可知，藍光可能對蛇的視覺或行為產生較強的影響。

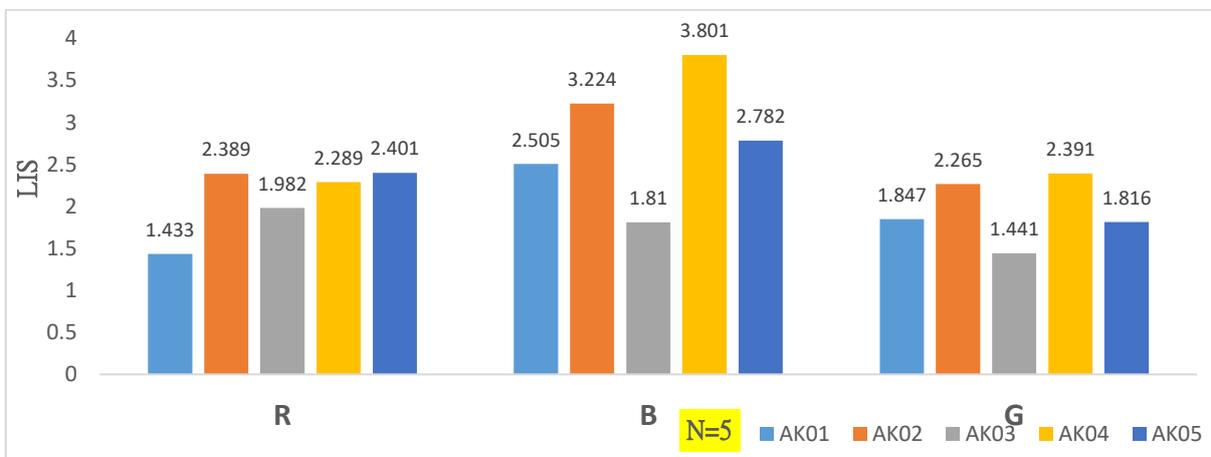


圖 9 白化蛇對三種色光的敏感度

備註：AK 白化加州王蛇、R 紅光、B 藍光、G 綠光、LIS 光照敏感度

2. 白化加州王蛇與正常個體對光的敏感度之差異性

以白化個體為實驗組 (N=5)，正常個體為對照組 (N=5)，透過獨立樣本 t 檢定之結果顯示(表 3)，三種色光對於白化加州王蛇的敏感度差異未達顯著水準($p>0.05$)。這表明，白化加州王蛇對光的敏感度與正常個體相當，但由圖 10 上可以發現，白化加州王蛇對三種色光的敏感度乃有高於正常個體的趨勢。

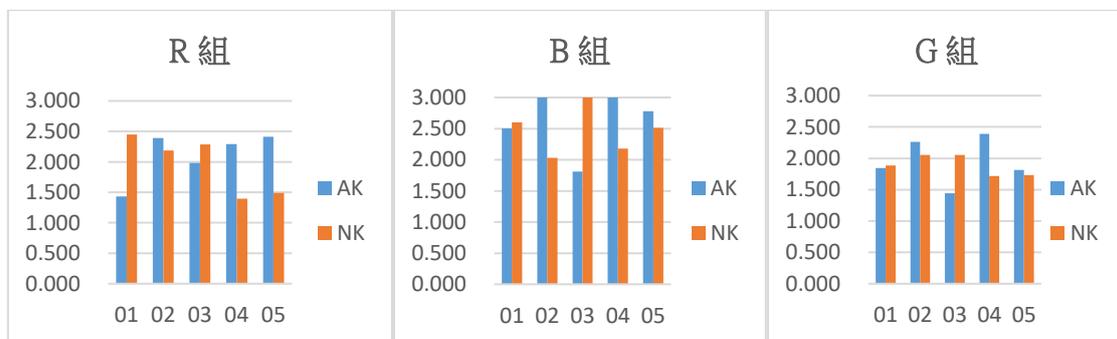


圖 10 白化加州王蛇與正常個體對三種色光的敏感度數值

備註：AK 白化加州王蛇、NK 加州王蛇正常個體、R 紅光、B 藍光、G 綠光

探討不同光照條件對白化蛇的行為敏感度

表 3 獨立樣本 t 檢定分析結果

組別	光敏感度平均值	標準差	統計量 <i>p</i> 值	相關性
紅光組	2.03	±0.43	0.6359	未達顯著差異
藍光組	2.73	±0.70	0.6872	未達顯著差異
綠光組	1.92	±0.28	0.7453	未達顯著差異

(二) 討論

根據實驗結果，藍光對白化加州王蛇的敏感度高於紅光和綠光。此外，從圖 10 我們也可以觀察到，藍光對正常個體的敏感度(平均值=2.623)也高於紅光(平均值=1.961)和綠光(平均值=1.89)。由此我們可以知道，藍光對於白化及正常個體均具較高的刺激性。這一現象可能與光的波長與能量特性有關，藍光的波長較短，約在 450-485nm 之間，具有較高的頻率和能量(維基百科)(圖 11)，而有更強的穿透力，可對蛇的視覺或其它受器產生更大的刺激(圖 12)。

<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color</th> <th>Wavelength (nm)</th> <th>Frequency (THz)</th> <th>Photon energy (eV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>violet</td> <td>380-450</td> <td>670-790</td> <td>2.75-3.26</td> </tr> <tr> <td>blue</td> <td>450-485</td> <td>620-670</td> <td>2.56-2.75</td> </tr> <tr> <td>cyan</td> <td>485-500</td> <td>600-620</td> <td>2.48-2.56</td> </tr> <tr> <td>green</td> <td>500-565</td> <td>530-600</td> <td>2.19-2.48</td> </tr> <tr> <td>yellow</td> <td>565-590</td> <td>510-530</td> <td>2.10-2.19</td> </tr> <tr> <td>orange</td> <td>590-625</td> <td>480-510</td> <td>1.98-2.10</td> </tr> <tr> <td>red</td> <td>625-750</td> <td>400-480</td> <td>1.65-1.98</td> </tr> </tbody> </table>	Color	Wavelength (nm)	Frequency (THz)	Photon energy (eV)	violet	380-450	670-790	2.75-3.26	blue	450-485	620-670	2.56-2.75	cyan	485-500	600-620	2.48-2.56	green	500-565	530-600	2.19-2.48	yellow	565-590	510-530	2.10-2.19	orange	590-625	480-510	1.98-2.10	red	625-750	400-480	1.65-1.98	
Color	Wavelength (nm)	Frequency (THz)	Photon energy (eV)																														
violet	380-450	670-790	2.75-3.26																														
blue	450-485	620-670	2.56-2.75																														
cyan	485-500	600-620	2.48-2.56																														
green	500-565	530-600	2.19-2.48																														
yellow	565-590	510-530	2.10-2.19																														
orange	590-625	480-510	1.98-2.10																														
red	625-750	400-480	1.65-1.98																														
<p>圖 11 不同色光的能量值 (資料來源：維基百科)</p>	<p>圖 12 藍光讓白化及正常個體常停留在遮光區 (左圖正常個體，右圖白化個體)</p>																																

三、研究項目(三)：白化蛇暴露在 UV 光照下之敏感度探討。

(一) 結果

本次實驗同樣以白化加州王蛇作為實驗組 (N=5)，正常個體作為對照組 (N=5)，在使用 14W 紫外線黑燈管照射 7200 秒的條件下蒐集數據。透過獨立樣本 t 檢定之結果顯示，UV 光對於白化與正常個體的敏感度未達顯著差異($p>0.05$)(表 4)，但由圖 13 中可以觀察到，白化個體對 UV 光的敏感度有高於正常個體的趨勢(01、02、03、04 組)。

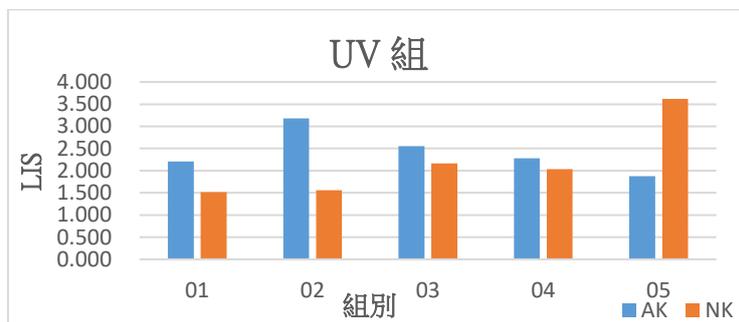


圖 13 白化加州王蛇與正常個體對 UV 光的敏感度數值

備註：AK 白化加州王蛇、NK 加州王蛇正常個體、UV 紫外線光、LIS 光照敏感度

表 4 獨立樣本 t 檢定分析結果

組別	光敏感度平均值	標準差	統計量 <i>p</i> 值	相關性
UV 光組	2.3	±0.69	0.6016	未達顯著差異

(二) 討論

UV 光主要由 UVA 和 UVB 組成，波長範圍介於 320 至 400nm (維基百科)。根據研究項目(二)的推論，UV 光的波長較藍光短，因此能量應更強，而此次實驗的數據未能支持這一推論。我們在實驗後進行小組討論，推測這可能與所使用的燈管有關，由於本實驗選用的是價格較為平價的紫外線黑燈管，該燈主要用於驗鈔或捕蚊，多僅含 UVA 光，因此，其是否能真實模擬我們實驗前預設的自然光中的 UV 光，則有待進一步驗證。

我們這次在實驗過程中，也觀察到蛇在暴露於 UV 光下，每當我們靠近控制錄影手機時，蛇會呈現攻擊及顫尾狀態(圖 14)，而在研究項目(二)中並未觀察到類似行為。因此，我們推測所使用的 UV 光可能有對蛇身上的某些受器產生了一定的刺激，使其進入警戒狀態，是否為 UVA 光所致，也是日後待探討的一個問題。



圖 14 UV 光常使蛇進入警戒狀態

四、研究項目(四)：基於光照因素，在圈養白化症蛇上提出管理建議。

綜合本次的研究結果我們得知，紅、藍、綠光均對白化加州王蛇有刺激趨勢，其中藍光對白化和正常個體的敏感度均高。因此，在圈養環境中，適當的光照控制對白化蛇的健康至關重要。過強的光照可能會過度刺激蛇的視覺，導致壓力和緊迫等不良影響(Stephen J. & Scott J., 2019)。此外，蛇屬於外溫動物，於圈養環境中，在寒冷季節需要提供適當的熱源，否則可能導致代謝減緩、活動力下降及消化功能異常等問題(長坂拓也，2000；杜銘章，2004)。

我們從蛇類的飼養文獻中得知，圈養蛇的加熱設備多樣，主要依輻射和傳導原理設計，如燈泡、燈管、陶瓷加熱器以及加熱導體(加溫石、加溫片)等，功率均在 80~250W 之間，部分燈泡甚至具裝飾性，專為提供不同色彩而設計(圖 15)。因此，在選擇加熱設備時，我們建議優先考慮無光源的陶瓷加熱器或加溫石、加溫片等，從而減少更強的光照對白化蛇產生刺激，飼主也應避免主觀偏好去使用不同顏色的燈具，特別是藍光，才能提供更適宜的圈養環境，確保白化蛇的飼養環境品質。



圖 15 市面上常見的爬行類寵物加溫設備

陸、結論與未來展望

一、結論

- (一)白化加州王蛇因天生缺乏黑色素，在體色、眼睛和舌頭的顏色上呈現出明顯的差異。
- (二)在紅、藍、綠三種色光中，白化加州王蛇對藍光的敏感度最高，綠光的敏感度最低。藍光對正常個體的加州王蛇也具有一定的刺激性，推測這與藍光的能量特性有關。
- (三)相較於正常個體，白化加州王蛇對紅、藍、綠光的光照敏感度均未達顯著差異，但光照敏感度的平均值上均有較高趨勢。
- (四)在 UV 光的影響下，加州王蛇無論是正常還是白化個體對 UV 光的敏感度也未達顯著差異，但在實驗中觀察到蛇常出現警戒姿態，推測 UV 光可能對蛇的某些受器產生刺激。
- (五)在圈養白化加州王蛇時，應避免使用光照加熱設備，特別是藍光，建議採用熱傳導式加熱器材，例如加溫石或加溫片。

二、未來展望

在此次實驗中，我們初步發現白化加州王蛇幼體對不同色光和紫外線光的敏感度有差異存在，未來在研究上可進一步研究不同光照強度、年齡及色素缺乏等因素，探討不同條件是否在光照下而有其它影響，盼能提升圈養環境中蛇類飼養的管理方法，並提供更科學性的改進建議。

柒、參考文獻

一、書籍

- 1.長板拓也。(2002)。爬蟲類兩棲類 800 種圖鑑。展新文化事業股份有限公司。臺北。
- 2.杜銘章。(2008)。蛇類大驚奇。遠流出版社。臺北。
- 3.Stephen J. and scott J.。(2019)。Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery 3rd。Elsevier Inc。Netherlands。

二、文獻及研究報告

- 1.楊惠婷、尤詩維、周慧、林家宏。(2005)。鈎盲蛇(*Ramphotyphlops braminus*)行為探奇。中華民國第 45 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 2.張宸睿、林嘉偉、許家榮、張嘉哲。2009。探索蟑螂單、複眼在避光反應中的功能。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 3.楊鴻賜、張簡雅慧、許鏗之、陳雅淳、方筠雲。(2012)。盲劍客的春天 — 探討光源刺激對澳洲螯蝦避光行為之研究。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會作品說明書。

三、網站

- 1.維基百科：白化症
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%99%BD%E5%8C%96%E7%97%87>
- 2.維基百科：可見光
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%AF%E8%A7%81%E5%85%89>
- 3.維基百科：紫外線
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B4%AB%E5%A4%96%E7%BA%BF>
- 4.國立臺灣科學教育館：可見光不可見光的奧秘。
https://www.ntsec.edu.tw/The_Eye_of_Science/exhibit02-02.html