

花蓮縣第 64 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科別：生物科

組別：國小組

作品名稱：「蛇」麼是防水皮衣？

關鍵詞：蛇類、水分散失、皮層

編號：

目錄

摘要.....	1
壹、前言.....	1
貳、研究設備與器材.....	2
參、研究架構與方法.....	4
肆、研究過程.....	8
研究項目一：四種圈養蛇皮層之形態特徵觀察.....	8
研究項目二：比較品種與體表面積對蛇的水分散失之相關性.....	14
研究項目三：探討無體鱗的皮層是否失去保水功能.....	19
研究項目四：加溫模式下，飼養空間的大小對蛇的水分散失之相對差異.....	21
伍、結論與建議.....	24
陸、參考文獻.....	25
附件一：實驗蛇的基本資料.....	26
附件二：實驗蛇個體照.....	27

摘要

本研究以四種圈養蛇為實驗對象，透過觀察了解蛇的皮層形態特徵，並探討種類、體積、表面積、鱗片的有無、飼養空間與身體水分散失之關係。觀察結果發現，蛇的皮層由外而內分別是由 Beta 層和 Alpha 層所構成，Alpha 層上佈滿老舊的角質細胞，而 Beta 層表面的微皮紋會因種類而有不同特徵，部分的 Beta 層上含有色素細胞。在水分散失部份，玉米蛇是三日內水分散失最高的，肯亞沙蚺的皮層保水性最佳。蛇的體積與皮表面積都跟水分散失值呈顯著正相關，而基因突變的無鱗玉米蛇皮層並不會因沒有角質鱗片而失去保水功能。在飼養空間上，我們發現小的飼養空間會讓蛇的身體與熱點重疊頻率增加，因而產生較高的水分散失。最後根據這次的實驗結果，我們在蛇的圈養上提供一些建議。

壹、前言

一、研究動機

在上學期的生命教育課程中，老師為我們做蛇類保育的宣導，因我們學校位處海岸山脈的山腳下，所以校園的動植物生態十分豐富，相對蛇類也常出現在我們校園裡，往往大家會因蛇的誤解而產生恐懼。老師除了宣導對蛇類的正確觀之外，也帶了自己飼養的寵物蛇來讓我們接觸，在大家的印象裡，蛇的體表都是摸起來黏黏滑滑的，但經過實體接觸後，我們發現蛇的皮膚具有乾燥的鱗片，有些摸起來粗糙、有些則非常細小，居然也有身上沒長鱗片的蛇。老師說：「蛇類最早是由水中的兩棲類動物演化而來，兩棲類體表濕黏沒有鱗片，所以皮膚沒有完善的保濕功能，身體水分流失快，必須生活在有水的環境，但隨者有鱗片的爬行類動物出現之後，皮層除了更受保護之外，還有一項很重要的功能就是能防止身體水分快速流失，使牠們可長期適應乾燥的地方」。「皮層構造的演變真的是一項重要關鍵呀！」至於皮層的差異、鱗片的有無是否影響蛇類的保水功能呢？我們決定以這些圈養蛇為研究對象，透過觀察來了解蛇的皮層特徵及探討皮層的保水功能。

二、研究項目

我們以四種圈養蛇為研究對象，並透過水分散失程度來探討皮層的保水性，主要的研究項目共有四項：

- (一)四種圈養蛇皮層之形態特徵觀察。
- (二)比較品種與體表面積對蛇的水分散失之相關性。
- (三)探討無體鱗的皮層是否失去保水功能。
- (四)加溫模式下，飼養空間的大小對蛇的水分散失之相對差異。

貳、研究設備與器材

一、實驗動物介紹

本實驗所選定的四種蛇均為人工繁殖(Captive Breed)，從幼體經過三年飼養所產生的新成體，在實驗前會以視覺方式觀察蛇的健康狀態，若體表有傷痕、體態消瘦不飽滿、表皮出現皺摺、準備脫皮、懷孕、疾病(下痢、呼吸道感染、行為異常等)、軟弱無張力，則不予用來實驗，基本資料如表 1、圖 1。

表 1 四種圈養蛇的基本資料



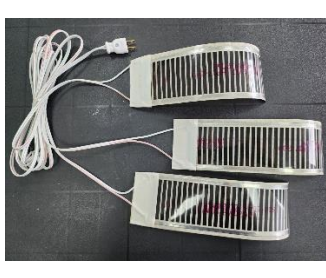

中文名稱/學名	主食性	原產地	主要棲息環境
玉米蛇 <i>Pantherophis guttatus</i>	嚙齒動物、鳥類	北美洲	草原、森林、農墾地
加州王蛇 <i>Lampropeltis californiae</i>	爬蟲類、嚙齒動物	北美洲	乾燥草原、森林
西部豬鼻蛇 <i>Heterodon nasicus</i>	兩棲類、蜥蜴	北美洲	乾燥草原、灌叢
肯亞沙蚺 <i>Gongylophis colubrinus</i>	齧齒類	非洲	沙漠







圖 1 四種圈養蛇

二、研究設備

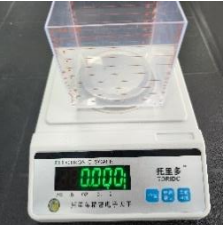








(一)控溫設備

			
大型溫控箱	小型溫控箱	加溫片	控溫器

(二)實驗動物飼養設備

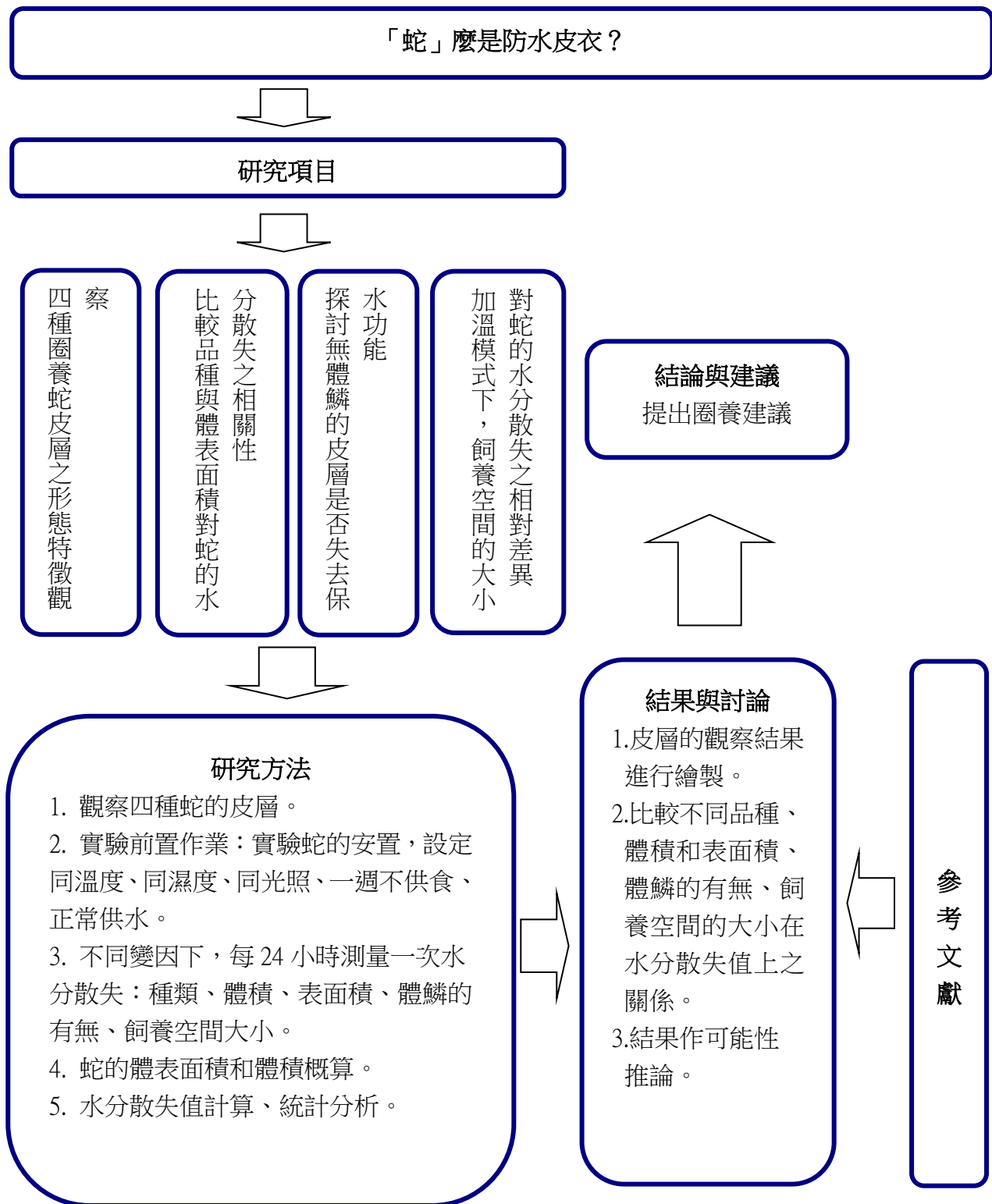
			
壓克力箱 (大、中、小)	飲水盆	蛇勾	手套

(三)測量與觀察器材

			
電子秤 (TLO-5003)	水銀溫度計	溼度計	厚度計 (盛泰芯 32CHQF1030)
			
卷尺	紅外線測溫器	數位顯微鏡 (Olympus CKX41)	載玻片
			
超音波清洗機	放大鏡	鑷子	剪刀

參、研究架構與方法

一、研究架構



二、研究方法

(一)蛇的水分散失(Epidermal Water Loss)量計算

在國內外的相關研究中，測量爬行類動物身體的水分散失量通常都設定在沒進食、沒排泄、沒飲水的狀況下，體重所減輕的重量來量化水分散失量(潘彥宏，2003；黃明惠，2011；Agugliaro *et al.*，2005)。本實驗假設圈養蛇的體色和紋路變異非影響水分散失之因子，藉由水分散失程度來了解皮層的保水功能。

測量所使用的電子秤精度為小數點後三位，為避免電子秤因敏感度而有測量數據跳動的情形，測量空間周圍應避免有風，並將待測量的蛇放置在 105×105×105(單位:mm)的壓克力容器內測量。

- 1.首次測量前先將壓克力容器放置在電子秤台上，並在秤台上畫線做記號，以固定日後秤重時擺放位置，再將電子秤歸零。
- 2.將要測量的蛇放入壓克力容器內，避免蛇因驚嚇而竄動(如圖 2)。
- 3.待蛇靜止不動、秤上的數字也沒再跳動，經過五秒後報讀出測量數據，並記錄數值到小數點後三位，測量完後將蛇放回溫控箱內(如圖 2)。
- 4.每 24 小時測量一次，連續測量 3 次，共計 72 小時。在進行測量的時段中，蛇如果出現緊迫或躁動的情形，則停止進行實驗。
- 5.水分散失量計算方式如下。

$$EWL = W_1 - W_2$$

備註：EWL:水分散失量(g)、 W_1 :實驗前體重(g)、 W_2 :實驗後體重(g)

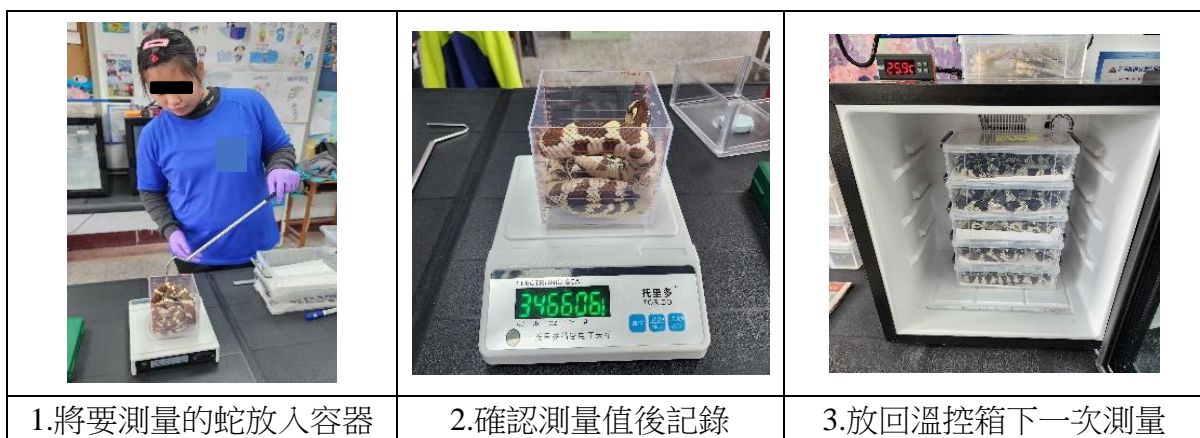


圖 2 測量水分散失量的過程

(二)水分散失值的計算

本研究以水份流失的量占總體重的比率來計算水分散失值，計算公式如下。

$$EWL = (W_1 - W_2) \div W_1 \times \%$$

備註：EWL:水分散失值(%)、W₁:實驗前體重(g)、W₂:實驗後體重(g)

(三)蛇的身體表面積(Surface Area)概算

採非侵入式的方法進行，因蛇的身體呈不規則狀，本實驗將蛇的身體視為一個圓柱體與錐形體的複合式形體，並求表面積。圓柱體部份先將蛇身體分 A、B、C 段，以游標尺測量三段的直徑平均值(d)，並使用 Cornsnakes Home 網頁系統(<https://serpwidgits.com/main/measur>)測量蛇的頸部到肛鱗(anal scale)長度，此段等同圓柱體的高(h)。圓錐體部分以捲尺測量肛鱗到尾尖長度(尾長)，此段如同全圓半徑，尾部表面積統一視為全圓的三分之一扇形。以上測量單位均為公分，並測量到小數點第一位。為了安全起見，頭部鱗片則不列入計算(如圖 3)。

$$SA = \text{長方形面積(甲)} + \text{扇形面積(乙)}$$

$$\text{長方形面積計算：} d \times \pi \times h$$

$$\text{扇形面積計算：} TL^2 \times \pi \times \frac{1}{3}$$

備註：SA=表面積(cm²)、d=直徑(cm)、h=柱高(cm)、π=圓周率(3.14)、TL=尾長(cm)

		
蛇的身體與表面積示意圖	游標尺測量直徑	卷尺測量尾長
		
蛇的身旁需附上比例尺	上傳網頁系統測量	沿著脊椎描出蛇的身長線

圖 3 測量蛇的身體直徑、尾長、身長

(四)蛇的體積(volume)概算

同樣將蛇身體視為一個圓柱體與錐形體的複合式形體(如圖 4)。圓錐體部分以身體 A、B、C 三段(如圖)的平均值為直徑(d_1)，頸部到肛鱗長度為圓柱體的高(h_1)。圓錐體部分用游標尺測量肛鱗段的直徑(d_2)，尾長為圓錐體的高(h_2)。求兩體積的總和，頭部同樣不列入計算(如圖 4)，算式如下。

$$V = \text{圓柱體體積(甲)} + \text{圓錐體體積(乙)}$$

$$\text{圓柱體體積計算(甲)} : \left(\frac{1}{2}d_1\right)^2 \times \pi \times h_1$$

$$\text{圓錐體體積計算} : \frac{1}{3} \times \left(\frac{1}{2}d_2\right)^2 \times \pi \times h_2$$

備註：V=體積(cm^3)、 d_1 及 d_2 =直徑(cm)、 h_1 及 h_2 =柱高(cm)、 π =圓周率 3.14

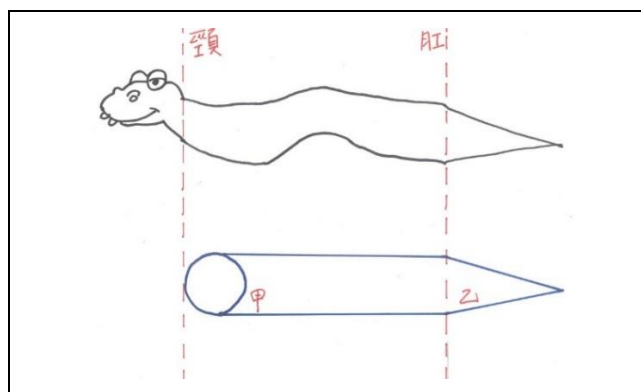


圖 4 蛇的體積計算示意圖

(五)數據分析

使用 Microsoft Excel 軟體做實驗數據建檔、計算水分散失量、水分散失值、表面積與體積，並應用皮爾森相關性分析進行統計。

肆、研究過程

一、研究項目一：四種圈養蛇皮層之形態特徵觀察。

(一)實驗說明

在我們初步觀察發現，四種蛇的體鱗(Dorsal scales)外觀似乎有所差異，像是形狀、表面、厚度、密度、面積大小等，老師也曾提過：「蛇的鱗片與皮層的保水功能有密切關係」，於是我們打算對蛇的皮層做初步觀察，以蛇蛻為樣本，並將結果與蛇的水分散失做可能性推論。

(二)實驗方法

- 1.體鱗形態觀察：以放大鏡觀察蛇身體中段的鱗片，再將觀察結果繪製成圖。
- 2.蛇蛻的顯微鏡觀察：取一段蛇蛻作為樣本，先用超音波機清洗三分鐘，以除去附著在上方的雜質，再用衛生紙拭乾。蛇蛻樣本放於載玻片上(如圖 5)，以數位顯微鏡(40X)觀察四種蛇蛻，並將影像拍攝下來。

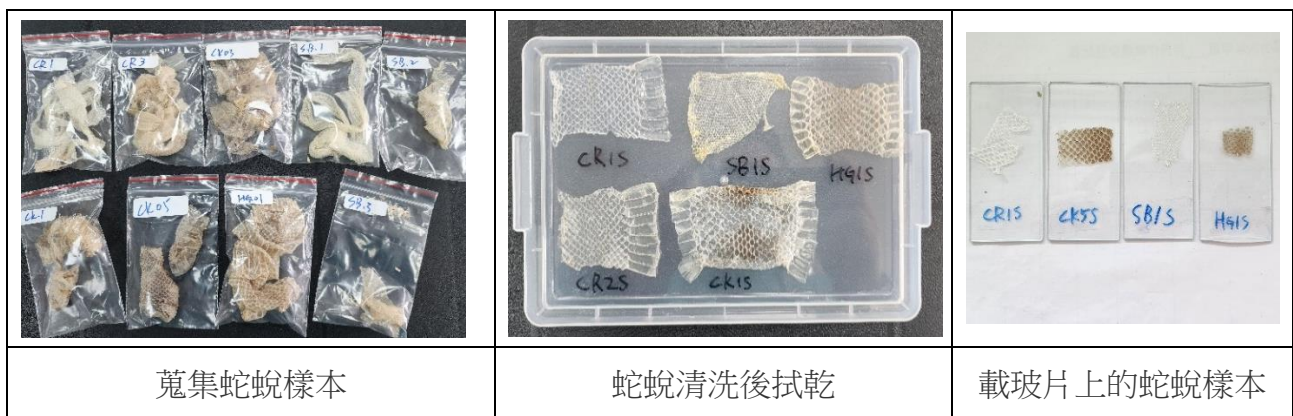


圖 5 蛇蛻樣本製作

- 3.體鱗密度概算：取一段體背的蛇蛻將它剪成長方形，再用超音波清洗機洗三分鐘後放壓克力板上拭乾，處理完成再用隱形膠帶貼於蛇蛻標本表上，測量每一塊樣本的長與寬(單位：公分，測量至小數第一位)。將蛇蛻標本表進行掃描，再以 ImageJ 軟體計算鱗片個數，未達完整一片則視為 0.5 片計算(如圖 6)。
- 4.皮層厚度測量：使用厚度計(最小單位 0.001mm)將蛇蛻樣本進行厚度測量，並計算平均值至小數點三位(如圖 6)。

$$\text{鱗片數(個)} = \text{長方形面積}(\text{cm}^2) \times \text{鱗片密度}(\text{個}/\text{cm}^2)$$



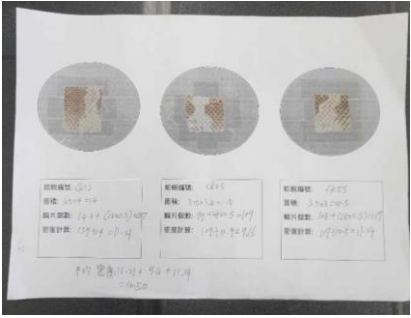

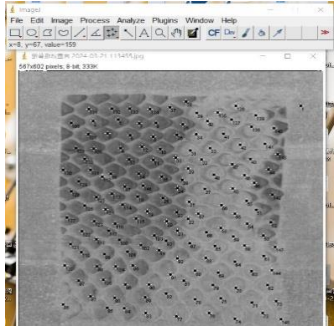

		
將蛇蛻剪成長方形	將蛇蛻貼在標本表上	製好的蛇蛻標本表
		
測量樣本長和寬	ImageJ 軟體計算鱗片個數	皮層厚度測量

圖 6 蛇蛻標本表製作、密度計算與厚度測量

(三)結果

- 1.體鱗形態觀察：經由放大鏡觀察四種蛇的體鱗發現它們形狀皆不同，玉米蛇的鱗片呈批針形，加州王蛇的鱗片呈菱形，兩者鱗片皆有光滑的表面。豬鼻蛇的體鱗呈卵圓形，鱗片中間有橫向的鱗脊(vertebral)，表面無光澤。而肯亞沙蚺的體鱗呈粒狀，身體前段的體鱗表面光滑，而尾段的鱗片較粗糙、有鱗脊，(如圖 7)。


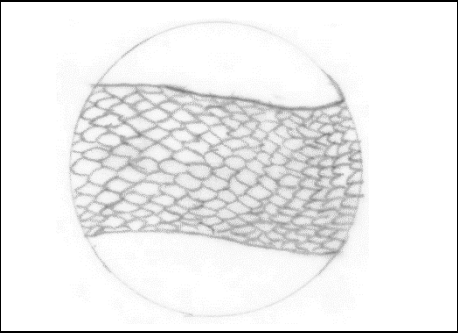

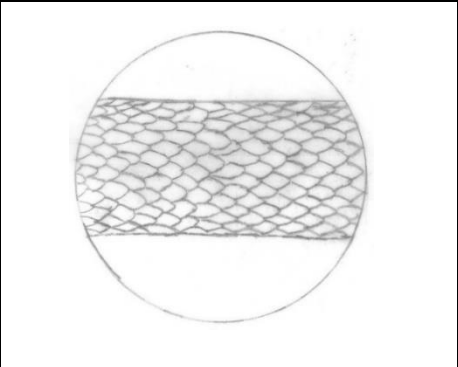

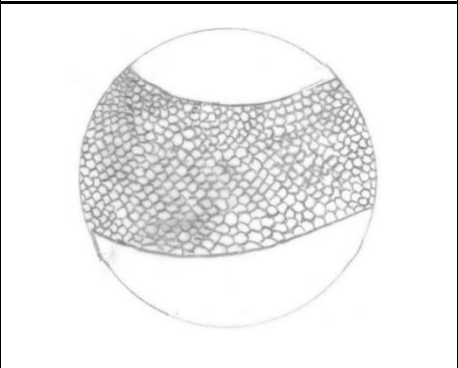

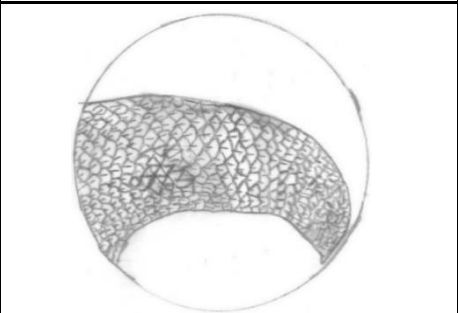

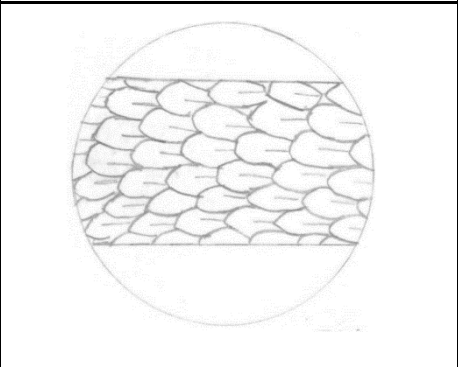
玉米蛇		
加州王蛇		
肯亞沙蚺		
肯亞沙蚺尾段		
西部豬鼻蛇		

圖 7 蛇的鱗片觀察與繪製

2. 蛇蛻的顯微鏡觀察：在製作蛇蛻標本前我們先以肉眼觀察蛇蛻外觀，我們發現加州王蛇跟西部豬鼻蛇的鱗片上有跟體表相似的斑紋，玉米蛇跟肯亞沙蚺蛇蛻上則沒有斑紋(如圖 8)。

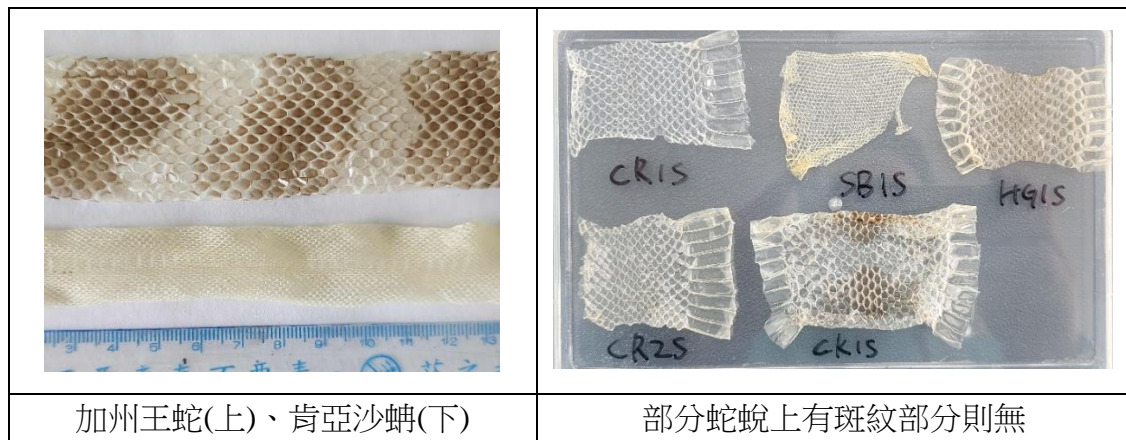


圖 8 蛇蛻的外觀

之後使用數位顯微鏡來觀察四種蛇蛻的微觀結構，先以低倍率(40X)觀察蛇蛻的組成，我們發現四種蛇蛻結構大致相同，除了鱗片層(Beta 層)之外，尚有一層連結鱗片與鱗片之間的真皮層，也稱 Alpha 層(杜銘章，2004)，鱗片的表面可隱約看出一些細紋。接者使用 400 倍分別觀察 Alpha 層與 Beta 層，清楚的可以看出 Alpha 層上是由微小的細胞所組成，而 Beta 層表面上的紋路稱為微皮紋(microdermatoglyphics)(Tein *et. al.* , 2020) ，我們初步觀察的結果如下(圖 9)：

- (1)四種蛇蛻均由 Alpha 層與 Beta 層所構成(COR40X、SB40X、SBT40X、CK40X、HG40X)。
- (2)Alpha 層的形態都相似，上面由許多不規則的細胞組成(CORA400X、SBA400X、SBTA400X、CKA400X、HGA400X)。
- (3)加州王蛇的鱗片表面有色斑，但不確定是沒清洗乾淨的汙漬還是色素成分(CK40X)。
- (4)肯亞沙蚺身體中段(SBB400X)跟尾段(SBTB400X)的微皮紋全然不同。
- (5)玉米蛇和加州王蛇的微皮紋呈管狀但不交錯(CORB400X、CKB400X)。
- (6)西部豬鼻蛇的微皮紋由許多粗細的線交織形成網狀結構，較具規則性(HGB400X)。

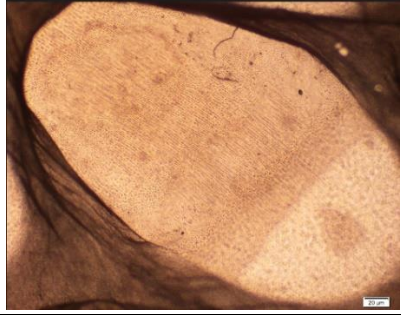
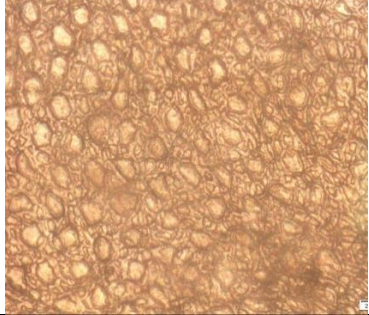
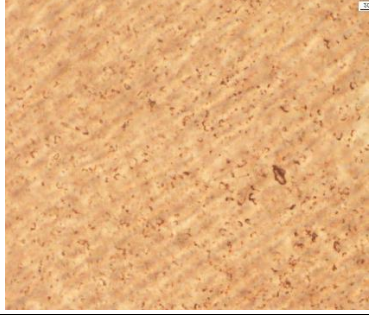
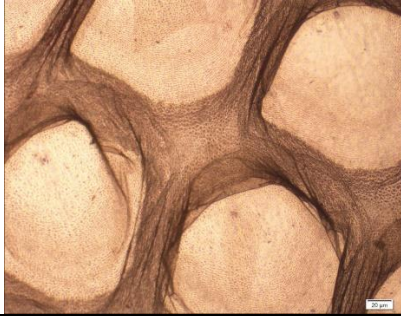
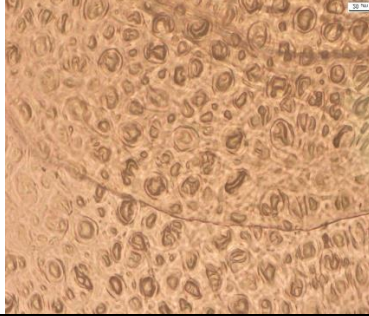

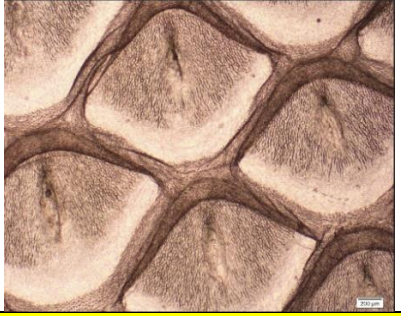
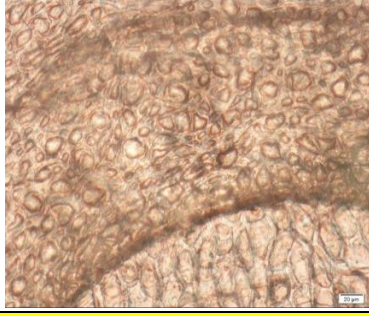
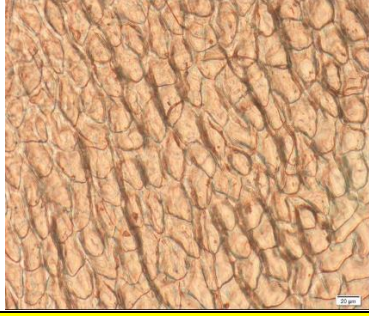
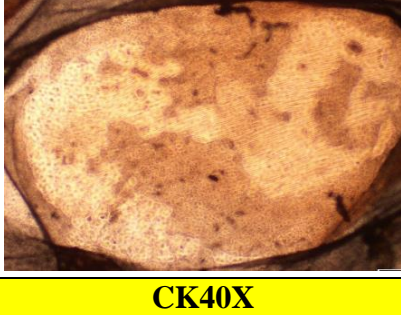
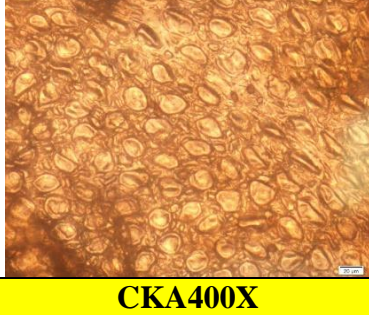




種類	40X	Alpha 層 400X	Beta 層 400X(微皮紋)
玉米蛇			
編號	COR40X	CORA400X	CORB400X
肯亞沙蚺			
編號	SB40X	SBA400X	SBB400X
肯亞沙蚺(尾)			
編號	SBT40X	SBTA400X	SBTB400X
加州王蛇			
編號	CK40X	CKA400X	CKB400X
西部豬鼻蛇			
編號	HG40X	HGA400X	HGB400X

圖 9 顯微鏡下的蛇蛻皮層影像。

3.體鱗的密度與皮層厚度：

經由蛇蛻樣本來計算四種蛇的鱗片密度結果顯示，肯亞沙蚬的鱗片平均密度最高，每平方公分約有 45.49 個鱗片，西部豬鼻蛇的鱗片密度最低，約為 6.74 個/cm²。若以等面積不同密度來推算的話，肯亞沙蚬鱗片面積是四者之中最小，西部豬鼻蛇的鱗片面積則最大(如表 2)。

表 2 四種不同蛇經由蛇蛻樣本所統計出的鱗片密度。

	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5	平均密度(個/cm ²)	鱗片面積
CR	11.24	17.61	*	*	10.38	13.07	
SB	44.94	*	45.05	*	46.49	45.49	最小
CK	11.21	9.16	*	*	11.14	10.5	
HG	7.49	6.66	6.07	*	*	6.74	最大

種類代號：玉米蛇 CR、肯亞沙蚬 SB、加州王蛇 CK、西部豬鼻蛇 HG

以厚度計測量蛇蛻樣本結果顯示，西部豬鼻蛇的皮層最厚，平均厚度為 0.129mm，肯亞沙蚬的皮層最薄，平均厚度為 0.062mm，加州王蛇和玉米蛇兩者相當，分別為 0.085mm、0.095mm(如表 3)。

表 3 四種蛇蛻樣本所測量出的皮層厚度。

	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5	平均厚度(mm)
CR	0.086	0.101	*	*	0.099	0.095
SB	0.058	*	0.062	*	0.067	0.062
CK	0.079	0.089	*	*	0.086	0.085
HG	0.136	0.133	0.119	*	*	0.129

種類代號：玉米蛇 CR、肯亞沙蚬 SB、加州王蛇 CK、西部豬鼻蛇 HG

(四)討論

1.經由本次的觀察，我們發現蛇的鱗片會因不同品種而有所差異，關於西部豬鼻蛇和肯亞沙蚬鱗片上有鱗脊的構造，我們查閱文獻，資料中提到西部豬鼻蛇和肯亞沙蚬原產於美國和非洲，牠們的生存環境多在乾燥的草原和沙漠，會有掘土和鑽沙的行為(長坂拓也，2000)，關於鱗脊的功能我們推論可能與增加摩擦力有關。

2.蛇的顏色跟斑紋是由色素細胞(chromatophores)所控制(杜銘章，2004)，由蛇蛻的觀察我們可以推論，加州王蛇跟西部豬鼻蛇的鱗片上含有色素細胞，而玉米蛇和肯亞沙

蛻則無，至於兩者的色素細胞可能在更下方的皮層。

3.在顯微鏡觀察之下，我們發現四種蛇的蛇蛻均由兩層皮層構成，最外層的鱗片，稱為角質層也叫 Beta 層，而連結鱗片之間的皮層稱為真皮層，也稱 Alpha 層。起初我們以為 Alpha 層上的細胞是活細胞，文獻搜尋後才知道 Alpha 層跟 Beta 層的成分均為角蛋白(keratin)，角質細胞(keratinocyte)由角蛋白所組成，蛇在成長或修復過程中會不斷產生新皮層，而舊皮層會脫落形成蛇蛻(維基百科)，所以我們在 Alpha 層上所觀察到的是老舊且沒有生命現象的角質細胞。為了能更詳細的觀察鱗片構造，我們用了高倍率做表面觀察，由影像可以看出四種蛇的鱗片表面都有不同的微皮紋，但我們所用的顯微鏡最大僅能放大到 400 倍，無法更仔細的去觀察它的細微特徵來做分類。

二、研究項目二：比較品種與體表面積對蛇的水分散失之相關性。

(一)實驗說明

經過研究項目一的體鱗觀察，本實驗繼續以四種圈養蛇作為身體水分散失的研究對象，並應用我們五年級所學過的「比率」計算水分散失值。另外我們也觀察到同樣飼養三年的蛇但體態卻有差異，例如玉米蛇跟加州王蛇的體形比較細長，肯亞沙蚺和西部豬鼻蛇的則比較粗短，所以我們將蛇的身體模擬成一個圓柱體和錐形體所組成的複合形體，再應用我們六年級所學到的「柱體體積與表面積」來計算每隻蛇的體積與皮表面積，最後再與水分散失值做相關性比較。

(二)科學實驗的前置作業

蛇在進行水分散失實驗前為了控制好條件，將空腹七日的蛇置於 285 × 261 × 98mm 的壓克力箱中，再放置大型溫控箱內，恆溫設定 25°C，以水銀溫度計上的測量值為準，濕度部分因有放水盆提供飲水，所以不刻意控制，期間蛇不餵食，但會提供足夠的水喝，每日 6：00 至 18：00 為光照(白天)時段，18：00 至隔日 6：00 為黑暗(夜間)時段(如圖 10)，綜合以上條件共三日。在前置作業當中，只要發現蛇有緊迫的行為，例如躁動、吻端頂撞容器、呼吸急促等情形，該個體一律停止進行實驗。

			
實驗蛇先置入 25°C 溫控箱內三日	飼養盒內放置水盆提供水喝	每日 12 小時黑暗	每日 12 小時光照

圖 10 前置作業

(三)實驗方法(進入本實驗)

- 1.將已完成前置作業的蛇體表用紙巾擦乾，避免滯留水分，再將蛇進行實驗前的體重的測量。
- 2.之後將實驗前體重測量完的蛇放回恆溫 25°C 的溫控箱內，不提供水喝，每 24 小時將蛇移出測量一次體重，連續進行 3 次。
- 3.依照步驟 1、步驟 2 的方法，每品種進行五隻樣本的測量。
- 4.針對四種蛇進行水分散失值計算，並取平均值至小數後三位。

(四)結果

1.四種蛇的水分散失：

在四種蛇各進行 72 小時的水分散失測量之下，水分散失量以加州王蛇 2.237g 為最高，肯亞沙蚺 0.353g 最低。因每隻蛇的體重有所不同，若以水分散失值來計算流失水量占體重的百分比，最高的是玉米蛇，三日下來散失水量占總體重的 1.011%，而肯亞沙蚺的水分散失值最低，占總體種的 0.256%，加州王蛇跟西部豬鼻蛇差異不大，分別為 0.7%和 0.708%(如表 4)。

表 4 四種蛇的水分散失統計平均值

種類	樣本數	實驗前 體重(g)	三日平均 水分散失量(g)	三日平均水分散 失值(%)	每日水分散失平 均值(%)
CR	5	213.684	2.144	1.011	0.337
SB	5	135.764	0.353	0.256	0.085
CK	5	317.276	2.237	0.700	0.233
HG	5	230.459	1.661	0.708	0.236

種類代號：玉米蛇 CR、肯亞沙蚺 SB、加州王蛇 CK、西部豬鼻蛇 HG

2.水分散失值的日變動

本次實驗將蛇每 24 小時進行一次體重測量，共連續進行三日。若將每種蛇分開來每日比較，由圖 11 可以發現，玉米蛇第一日流失最高，達體重的 0.538%，第二日和第三日的水分散失值則較第一天來的少，分別是 0.181%和 0.292%。西部豬鼻蛇每日的水分散失值變化和玉米蛇相似，以第一日最高(0.33%)，第二日和第三日均較第一日來的少。肯亞沙蚺是這次實驗的四種蛇中水分散失值最少的，日變化較不明顯。。

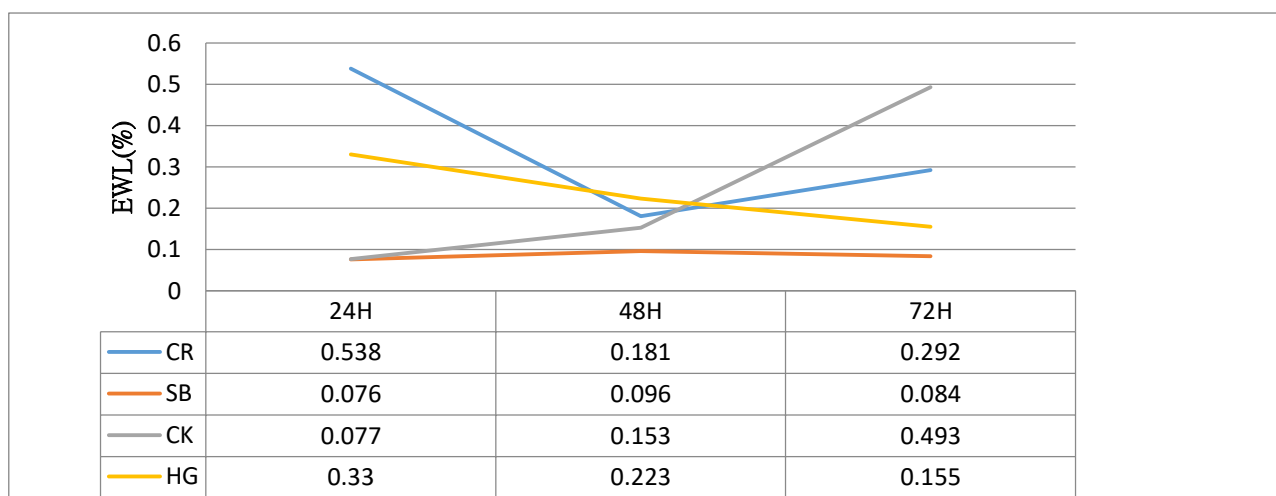


圖 11 四種蛇的每日水分散失值變化

代號：玉米蛇 CR、肯亞沙蚺 SB、加州王蛇 CK、西部豬鼻蛇 HG

3. 蛇的體積與表面積和水分散失值之關係：

本項實驗的蛇樣本共四種二十隻，若不分品種，以蛇的體積及表面積跟水分散失值作皮爾森相關分析之結果顯示，蛇的體積、表面積都和水分散失值呈顯著正相關(如圖 12、圖 13)，也就是說蛇的體積和皮層面積越大，水分散失值相對會越高。

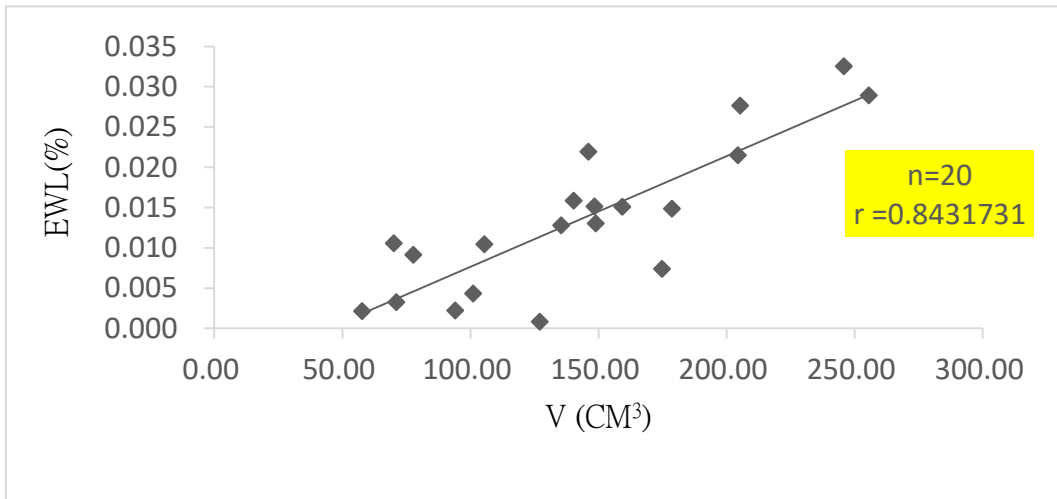


圖 12 蛇的體積(V)與水分散失值之關係圖

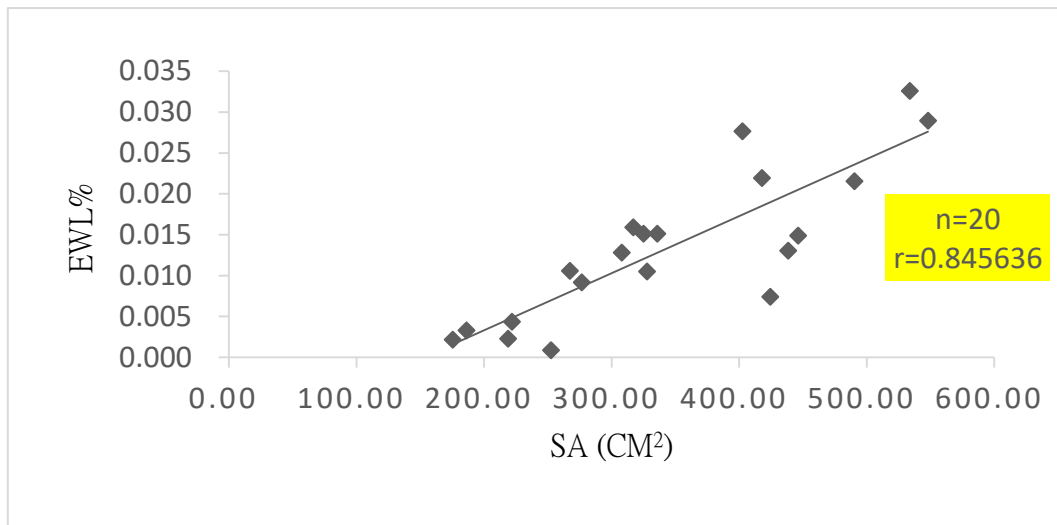


圖 13 蛇的表面積(SA)與水分散失值之關係圖

(五)討論

- 1.三日內，在四種蛇相較之下，玉米蛇的水分散失值最高，肯亞沙蚺最低，代表肯亞沙蚺的皮層保水功能優於其他三者。在我們做完三日的實驗之後，會在飼養盒中放入水盆給蛇進行水分補充，於行為的觀察之下我們發現五隻玉米蛇當中有四隻會立即找水喝，而肯亞沙蚺五隻全部無動於衷(圖 14)，此觀察與我們的實驗數據相呼應。關於肯亞沙蚺的保水能力明顯高於其他三種的原因，我們判斷可能與牠本身生存在乾旱的沙漠環境有關，在自然課中我們有學到沙漠生態系的動物和植物因為氣候乾旱所以在儲水和防止水分散失的構造會較為發達，在研究項目一中顯示肯亞沙蚺的體鱗密度最高、鱗片面積最小、皮層也最薄，此特性是否與牠皮層的保水功能有關，可能需要更進一步的去探討才能確定。



圖 14 實驗蛇在實驗結束後補充水分的情形。

- 2.在我們作息之下無法特定對蛇在不同時段去記錄水分散失，例如日間與夜間，僅能以大間隔(24 小時)的時間去測量，這部分若能有更長時間的數據下去觀察，對於實際變動的趨勢我想能夠更為了解。
- 3.本次研究的樣本均為圈養三年的個體，在不同品種的相較之下，同年齡的蛇在體長跟體重上都有極端的差異，以本實驗的樣本為例，加州王蛇的平均身長(不含頭部)約 105.8 公分，體重平均約 317.3g，而同樣飼養年齡的肯亞沙蚺平均體長僅 44.6 公分，平均體重 135.8g(如附件一)。皮膚為爬行類動物重要的水分平衡路徑，皮層表面積越大，相對與外界接觸面積越大，水分散失也會較高，同時也需有更大的體積來儲存水分。

三、研究項目三：探討無體鱗的皮層是否失去保水功能。

(一)實驗說明

角質化的皮層是蛇類防止水分快速流失的一項重要構造，本實驗假設「無鱗片的玉米蛇水分散失值較有鱗片的玉米蛇高」，以飼養 2-3 年的玉米蛇為對象，採用無鱗個體(實驗組)和有正常體鱗的個體(對照組) (如圖 15)各 4 隻，來驗證無鱗玉米蛇的皮層是否存在保水功能。



圖 15 正常玉米蛇與無鱗玉米蛇

(二)實驗方法

- 1.無鱗玉米蛇的皮層觀察：以放大鏡觀察有鱗及無鱗玉米蛇的皮層，再以數位顯微鏡(400X)觀察兩者的蛇蛻，比較有何不同。
- 2.水分散失量測量：步驟及方法與**研究項目二**相同。

(三)結果

1.無鱗玉米蛇的皮層觀察：

以肉眼觀察無鱗玉米蛇的皮表可以發現，無鱗玉米蛇的背部、頭部明顯沒有鱗片生長，但在唇緣可發現尚有一些細碎的上唇鱗(upper labials)和下唇鱗(lower labials)，但沒正常玉米蛇來的完整，而腹部卻跟正常玉米蛇一樣存有完整腹鱗(abdomen scales)。兩者的蛇蛻上我們都沒觀察到有顏色和斑紋。最後我們使用數位顯微鏡 400 倍進行觀察，無鱗玉米蛇的蛇蛻上只觀察到缺乏鱗片的 Alpha 層，同樣佈滿老舊的角質細胞，上面也出現許多皺摺，顯然 Alpha 層比鱗片層薄上許多(如圖 16)。

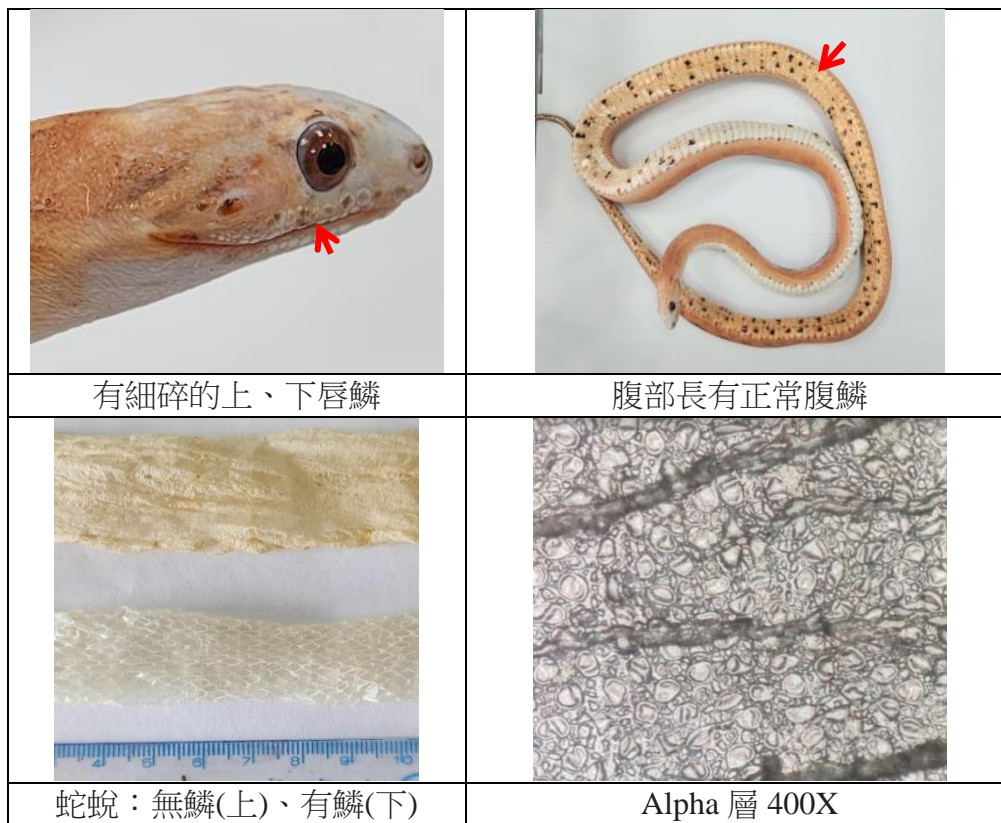


圖 16 無鱗玉米蛇的皮層觀察

2.無鱗玉米蛇的水分散失值：

由圖 17 可以看出，三日下來無鱗玉米蛇(SCOR)的水分散失值介於 0.644%到 1.170%，平均水分散失值約 0.587%，有鱗片的玉米蛇(COR)水分散失值介於 0.494%到 0.988%，平均水分散失值約 0.619%，較無鱗個體來的高，雖然編號 3 的無鱗玉米蛇水分散失是 8 隻當中最高的(1.170%)，但其餘個體都與正常玉米蛇相差不大，也沒出現水分散失值遠高於其他樣本的無鱗個體。

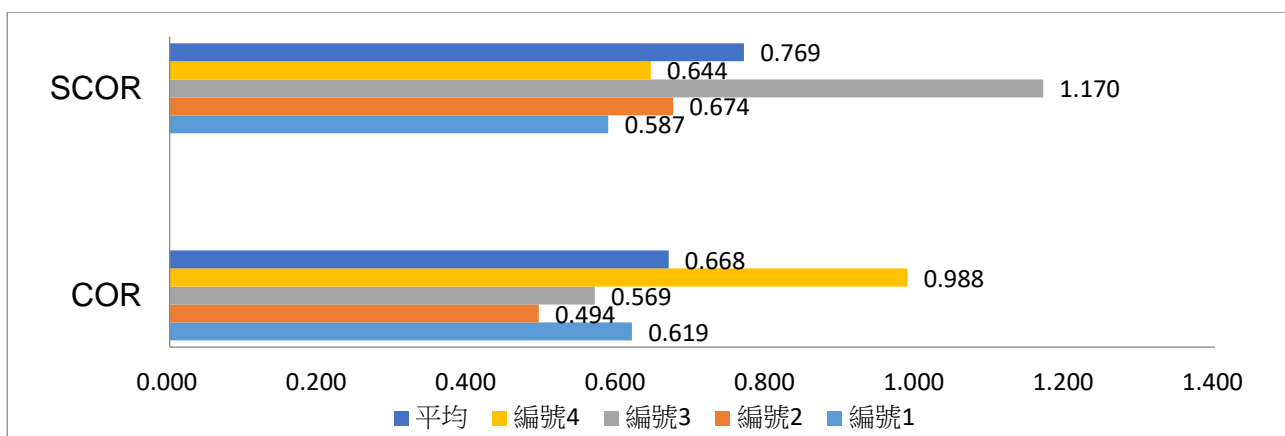


圖 17 無鱗玉米蛇與有鱗玉米蛇的水分散失值

代號：SCOR 無鱗玉米蛇、COR 有鱗玉米蛇

(四)討論

這次的實驗結果顯示無鱗玉米蛇的水分散失值無明顯高於正常有體鱗的玉米蛇，與我們當初的假設相反，證實無鱗的皮層尚有保水的功能。無鱗玉米蛇的平均表面積為 513.3cm^2 (附件一)，等同比有鱗個體少了近該面積的角質鱗片，卻不影響皮層的保水功能。此外，在老師的飼養經驗中也提到，這四隻無鱗玉米蛇他從小飼養，其實並無特別將環境的溼度增高。綜合了本次結果與飼養經驗，我們推論玉米蛇的體鱗可能非影響牠皮層保水功能的關鍵構造，至於為何則有待探討。

四、研究項目四：加溫模式下，飼養空間的大小對蛇的水分散失之相對差異。

(一)實驗說明

在秋、冬季玉米蛇飼養上需使用加溫片讓蛇調節體溫，本實驗想了解在加溫模式下，蛇是否會因飼養空間的大小而產生不同的水分散失。以飼養三年的玉米蛇為實驗對象，將玉米蛇飼養在大、中、小且通風度一致的壓克力箱內，並以加溫片提供同樣面積及溫度的熱點，來比較水分散失值的相對差異。

(二)實驗方法

1. 模擬飼養空間的設置

準備大、中、小不同尺寸的壓克力箱，壓克力箱上以每平方公分有 0.05 個通風孔，並使用 $300 \times 100\text{mm}$ 的加溫片做熱點，排除其它因素，僅以報紙當底材，不放其它墊料、躲避空間、水盆等設備(如圖 18、表 5)。

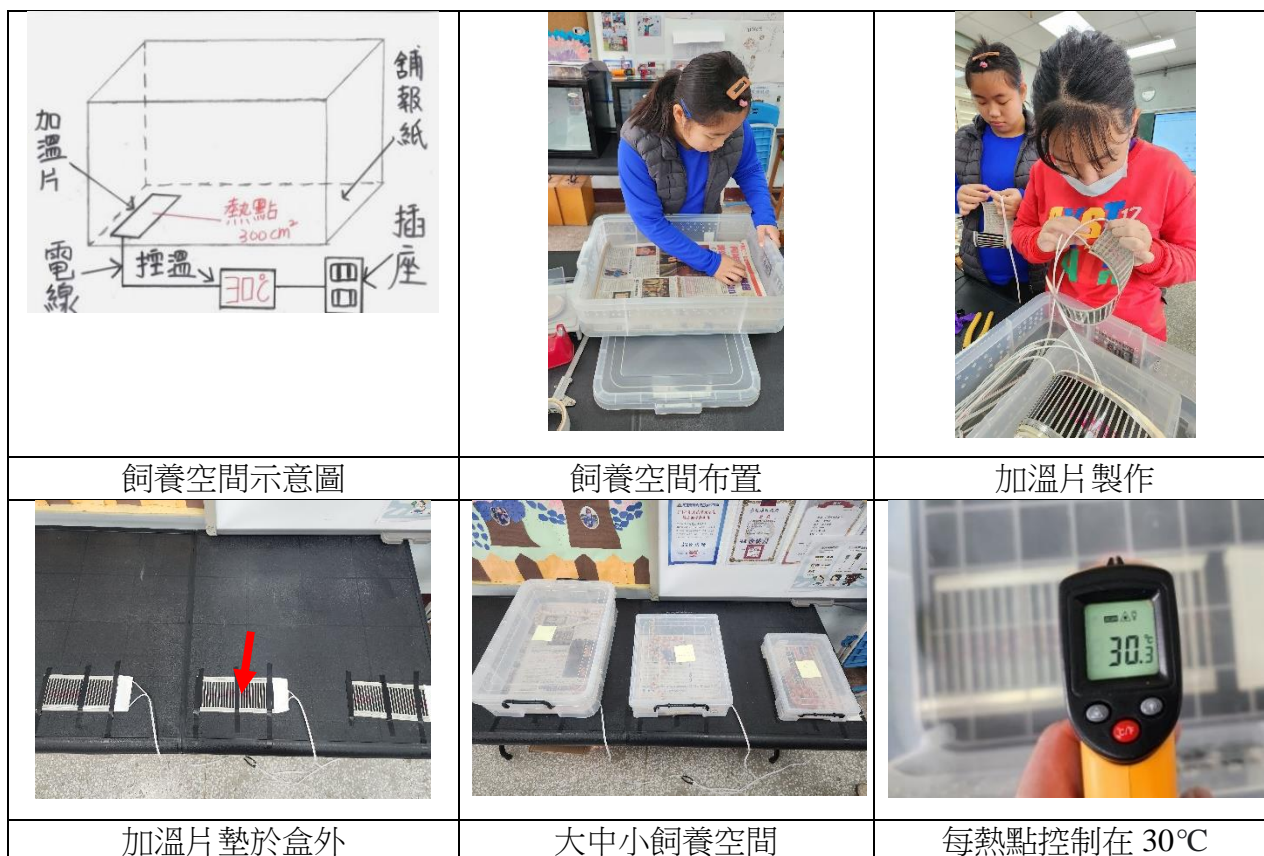


圖 18 飼養空間與環境

表 5 加溫模式下，飼養空間大中小之規格。

	容積空間 (cm ³)	空間和蛇體積 比值 (小數第一位)	熱點面積 (cm ²)	熱點溫度 (°C)	透氣孔 (個/ cm ²)	加溫時間 (小時)
A 組：小空間	9224	57.8	300	30	0.05	72
B 組：中空間	22017	135	300	30	0.05	72
C 組：大空間	43263	299.1	300	30	0.05	72

2. 蛇在實驗前一週停止餵食，並正常提供水份。實驗開始時先測量蛇的實驗前體重，再將不同隻玉米蛇分別放置在 A、B、C 組容器中飼養(如表 5)，每 24 小時測量一次體重，連續 3 日測量，實驗期間一律不提供水喝。

3. 重複步驟 1 和步驟 2 的方法，共重複五次，以相同容器不同隻蛇進行實驗。

(三)結果

本次實驗 A、B、C 組容器各以不同隻蛇進行五次，結果顯示，三日下來以 A 組(小空間)的平均水分散失值最高(1.072%)，水分散失值超過 1%的也有四隻個體，空間約為蛇平均體積的 57.8 倍。B 組(中空間)的水分散失值最低，平均值 0.993%，空間約為蛇體積的 135 倍(如圖 19)，整體看來飼養在小空間的玉米蛇水分散失有偏高的趨勢。

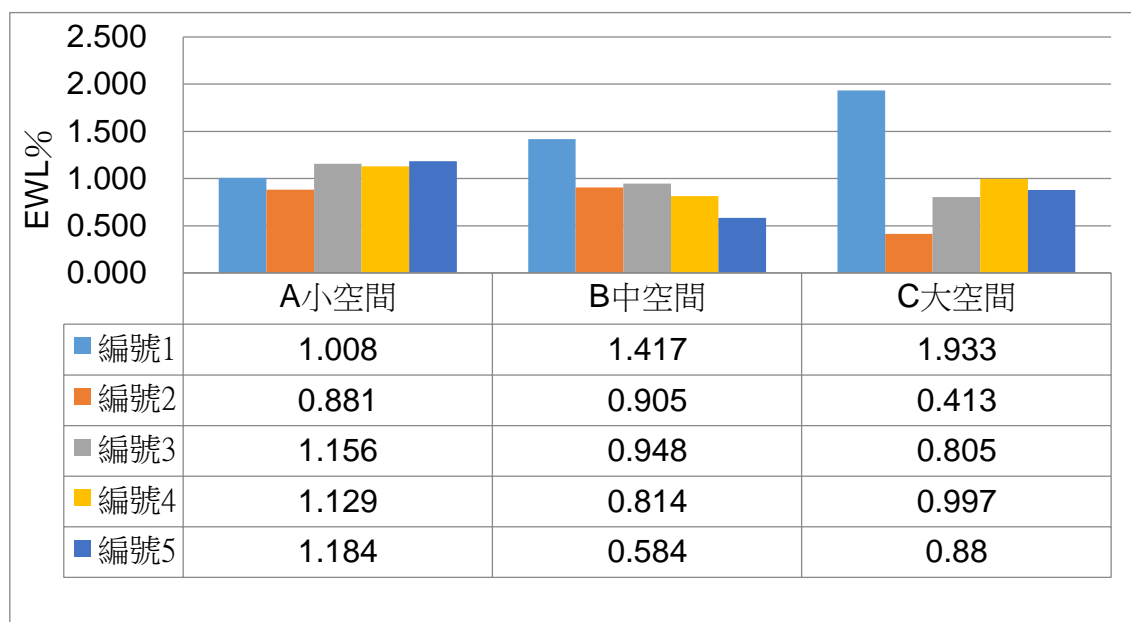


圖 19 玉米蛇飼養在大、中、小空間三日的水分散失值。

(四)討論

1.在實驗過程中我們觀察到了一些現象，實驗的一開始將蛇放入大、中、小空間後，約在 5 分鐘之內，蛇都會盤踞在熱點上調節體溫，大約過了半小時體溫調節完畢就會遠離熱點，但飼養空間較小的蛇牠的活動空間選擇性較低(A 組)，身體部分都還會與熱點重疊，無法完全離開熱點，相對也會吸收較多的熱量，所以我們判斷，造成飼養在空間小的蛇水分散失值相對較高的原因跟持續吸收熱量而維持代謝率有關，代謝率較高，所流失的水分也會較多。

有文獻指出，在臨床透過血液檢查，有五成以上的圈養蛇其實都有脫水的問題，水是生物體內重要物質，會直接的影響蛇的代謝、消化、排泄等作用(Stephen J. and Scott J., 2019)，因此在飼養設備上必須特別留意。本研究建議，除了要充分供給水分之外，在飼養蛇的空間大小也要謹慎選擇，容積至少要達蛇身體的 135 倍之上，若空間過小長久下來必會造成水分過度流失的狀況。

伍、結論與建議

- 一、不同種類的蛇其鱗片形態各有不同，蛇的身體最表層是由 Alpha 層和 Beta 層所構成，我們觀察到 Beta 層上的微皮紋是種間的最大差異，對蛇來說是否具有功能上的差別(例如鱗片反光、散熱等)，可能需要更深入的研究才能得知。
- 二、四種蛇之中肯亞沙蚺的皮層保水功能最佳，推論原因可能跟生存環境有關。
- 三、我們使用形體的模擬之下求出每隻蛇的體積和表面積，在同齡條件之下，分析結果顯示蛇的體積與皮層面積都與水分散失值呈顯著正相關。
- 四、天生基因缺陷的無鱗玉米蛇身上乃保有部分的鱗片，其皮層並不會因缺少鱗片而失去保水功能，在飼養方式上與一般玉米蛇相同即可。玉米蛇的鱗片層可能不是牠防止水分散失的關鍵構造。
- 五、過小的飼養容器會減少蛇的空間選擇，並提高身體與熱點接觸頻率，而增加蛇的水分散失，長時間下來可能對蛇的健康造成影響。
- 六、本研究在圈養上建議：無鱗玉米蛇在飼育上不需特別增加保濕因子，與正常個體飼養方式相同即可。蛇的飼養空間不宜過小，至少要達體積的 135 倍之上，以免造成水分過度流失而脫水的問題。

陸、參考文獻

杜銘章。(2008)。蛇類大驚奇。遠流出版社。臺北。

潘彥宏、杜銘章、黃子晏。(2003)。台灣攀蜥、草蜥與蜓蜥體表水分散失速率之比較。

臺北市立第一女子高級中學數理資賦優異班學生專題研究專輯。台北。

黃明惠。(2011)。台灣半水棲蛇類水分散失速率之研究。國立宜蘭大學森林暨自然資源學系碩士論文。宜蘭。

維基百科：角質層

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%A7%92%E8%B3%AA%E5%B1%A4>

Stephen J. and scott J.。(2019)。Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery 3rd
◦ Elsevier Ine ◦ Netherlands ◦

Agugliaro, J. and H. K. Reinert. 2005. Comparative skin permeability of neonatal and adult timber rattlesnakes (*Crotalus horridus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 141:70-75.

Tein S. T. , Shih H. W. , Jean J. M. , Yuen Y. C. , Yi J. L. , Zi Y. F. , Kuo H. H. , Ying H. W. , Yuwei T. , Te E. L.。(2020)。Species identification of shed snake skins by scanning electron microscopy, with verification of intraspecific variations and phylogenetic comparative analyses of microdermatoglyphics, *Herpetological Monographs*, 34, 1, 178-207.

附件一：實驗蛇的基本資料

編號	品種	身長 頸-尾 (cm)	體積(cm ³)	表面積 (cm ²)	年齡 (年)	品系	性別
研究項目二實驗蛇							
CR1	玉米蛇	100.73	70.1	437.1	3	白化	雌
CR2	玉米蛇	93.71	77.7	465.6	3	白化	雌
CR3	玉米蛇	92.72	105.4	545.6	3	白化	雄
CR4	玉米蛇	96.5	149.0	613.5	3	白化	雌
CR5	玉米蛇	98.78	174.8	586.4	3	白化	雌
SB1	肯亞沙蚺	43.77	71.1	204.7	3	原色	雌
SB2	肯亞沙蚺	44.22	127.1	269.2	3	原色	雌
SB3	肯亞沙蚺	46.64	57.8	189.0	3	原色	雄
SB4	肯亞沙蚺	43.37	101.0	239.3	3	原色	雄
SB5	肯亞沙蚺	45.16	94.1	236.3	3	原色	雌
CK1	加州王蛇	99.28	178.6	598.1	3	原色	雄
CK2	加州王蛇	102.25	204.4	690.5	3	原色	雄
CK3	加州王蛇	112.82	255.6	748.2	3	原色	雄
CK4	加州王蛇	106.27	146.0	604.0	3	原色	雌
CK5	加州王蛇	108.29	245.8	731.2	3	原色	雌
HG1	西部豬鼻蛇	62.59	159.3	377.4	3	缺黃	雌
HG2	西部豬鼻蛇	74.21	205.3	508.3	3	原色	雌
HG3	西部豬鼻蛇	66.9	135.5	374.4	3	原色	雌
HG4	西部豬鼻蛇	66.8	148.4	429.3	3	白化	雌
HG5	西部豬鼻蛇	63.6	140.3	410.5	3	白化超級康達	雌
研究項目三實驗蛇							
SCOR1	玉米蛇	107.1	166.3	*	3	原色無鱗	雌
SCOR2	玉米蛇	105.1	185.6	*	3	原色無鱗	雌
SCOR3	玉米蛇	80.9	65.0	*	2	碳黑泰莎無鱗	雌
SCOR4	玉米蛇	80.9	57.5	*	2	雪白無鱗	雄
COR01	玉米蛇	95.6	165.5	*	3	雪白	雄
COR02	玉米蛇	95.4	146.0	*	3	雪白	雄
COR03	玉米蛇	95.3	150.4	*	3	雪白	雌
COR04	玉米蛇	92.8	148.0	*	3	雪白	雄
研究項目四實驗蛇							
BCOR1	玉米蛇	102	137.7	*	3	白化	雌
BCOR2	玉米蛇	113.1	154.8	*	3	白化泰莎	雌
BCOR3	玉米蛇	107	165.1	*	3	雪白	雄
BCOR4	玉米蛇	96.9	111.5	*	3	白化	雄
BCOR5	玉米蛇	112.3	153.7	*	3	鮭魚	雌
MCOR1	玉米蛇	104.5	141.9	*	3	白化	雌
MCOR2	玉米蛇	111.6	198.1	*	3	白化直線	雄
MCOR3	玉米蛇	109.5	149.1	*	3	白化泰莎	雌
MCOR4	玉米蛇	98.6	132.5	*	3	雪白泰莎	雌

MCOR5	玉米蛇	109.7	194.1	*	3	白化泰莎	雌
SCOR1	玉米蛇	105.8	163.8	*	3	白化	雄
SCOR2	玉米蛇	115.6	206.5	*	3	白化泰莎	雄
SCOR3	玉米蛇	101.3	156.5	*	3	白化泰莎	雌
SCOR4	玉米蛇	99.4	115.1	*	3	雪白	雌
SCOR5	玉米蛇	100.9	155.6	*	3	雪白	雌

附件二、實驗蛇個體照

