

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

040710

“絲”路之旅——環境因子對蜘蛛絲張力之
影響及胺基酸組成分析

國立臺中文華高級中學

作者姓名：

高二 童暉哲 高二 林雍傑 高二 林鈺書
高二 鄧偉豪

指導老師：

蘇英德 戴佩玲

第 45 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：生物科

組別：高中組

作品名稱：絲路之旅---環境因子對蜘蛛絲張力之影響及
胺基酸組成分析

關鍵詞：蜘蛛絲、張力、胺基酸

編號：

壹、摘要

蜘蛛絲為蜘蛛用來捕食的利器，因此蜘蛛絲所具有許多特殊的性質。不同種的蜘蛛利用蜘蛛絲來捕食的方式也不同。本研究利用最常見的水分及溫度這兩種環境因子，來測試若蜘蛛絲在野外中經歷下雨或溫度的改變，是否會對其張力產生改變而影響其捕食。結果顯示水分對結圓網人面蜘蛛蜘蛛絲張力有很大的影響，而對於結立體網的泉字雲斑蜘蛛雖然也很大，但似乎比人面蜘蛛小了一些，而溫度則對於兩種蜘蛛皆沒有影響。例外利用 reverse-phase HPLC 得到人面蜘蛛之胺基酸組成，其中成分最多的分別為甘胺酸 (Glycine)，丙胺酸 (Alanine)，麩胺酸 (Glutamine)，脯胺酸 (Proline) 及絲胺酸 (Serine)，這五種胺基酸就佔了 85%，這些胺基酸可能使得絲具有特殊的結構而反應在蜘蛛絲的張力上。

貳、研究動機

蜘蛛人這部電影，電影裡面蜘蛛人把手往下擺，蜘蛛絲就這樣噴了出來，牢牢的黏在牆壁上或窗戶，讓主角能夠行俠仗義。蜘蛛總是充滿著無限的奧秘，讓許多電影都拿蜘蛛當作配角，誇大或神話了蜘蛛和蜘蛛絲，而現實生活中，蜘蛛是常見的節肢動物，蜘蛛絲更是隨處可見，一般都知道蜘蛛絲為蛋白質，那蜘蛛絲具有哪些特殊的性質，能夠讓大家對它充滿好奇呢？

參、研究目的

蠶絲一直被大量使用在衣服和棉被的製作下，但蠶絲在生活史當中只有在形成蠶繭才會產生絲，而蜘蛛在生活史的過程中，卻一直都有絲的產生。蜘蛛絲的功能很多，可提供蜘蛛移動的支撐、散播的工具，更是捕捉獵物不可缺少的用具。蜘蛛絲可以提供這麼多樣化的功能，又要承接獵物撞擊時的力量，因此，蜘蛛絲具有的特性，是值得深入探討的。蜘蛛絲的密度很小 (Gosline *et al.* 1999)，因此蜘蛛絲獨特的特性使蜘蛛絲較目前被大量使用的人工纖維好，也可以應用在生物醫學或工業用之高機能纖維材料 (Vollrath 2000)，並有研究指出蜘蛛絲的張力可比某些尼龍 (nylon) 強 10~60 倍 (Hinman *et al.* 2000)。

蜘蛛絲為蛋白纖維，大部分的蜘蛛具有六種產絲的腺體，每種腺體產生不同功能的絲 (Foelix 1996)，而每種絲的組成與結構都不同，能使蜘蛛把絲廣泛地運用在生活及捕食上。蜘蛛絲蛋白由許多胺基酸組成，但以甘胺酸 (Glycine)、丙胺酸 (Alanine)、絲胺酸 (Serine) 及脯胺酸 (Proline) 佔了大部分 (Hayashi 2002)，結網性的蜘蛛由壺狀腺所產生出來的曳絲，這四種胺基酸就佔了約 78% (Hayashi 2002)。因此，蜘蛛絲中的一些胺基酸會重複性的出現，目前研究發現由大壺狀腺所產生出的曳絲，其曳絲蛋白中，具有許多重複的胺基酸單元，包含 (GA)_n、(A)_n 及 GGX 三種 (G：甘胺酸；A：丙胺酸；X：任意胺基酸) (Xu and Lewis 1990) 其中 (GA)_n 及 (A)_n 單元會形成絲蛋白中 β -sheet 結構 (Parkhe *et al.* 1997)，而 GGX 會形成 3_{10} helix 結構，這些都會影響絲的張力 (Hinman *et al.* 2000；Winkler and Kaplan 2000)，因此可知蜘蛛絲具有特殊的分子結構，提供蜘蛛面臨各種狀況。

除了蜘蛛絲的構造之外，蜘蛛因種類和捕食行為的不同，網的形狀和位置就不同。一般而言，結網性的蜘蛛可的大略分為結圓網的蜘蛛和結立體網的蜘蛛。結圓網的蜘蛛和結立體

網的蜘蛛捕食昆蟲的方式非常的不一樣，絲的結構因此可能不同。

人面蜘蛛（圖一）是台灣體型最大的結圓網類的蜘蛛，網的直徑可超過一公尺，利用網攔截獵物，常因獵物撞擊之後，需要把破掉的網補起，才能進行下一次的捕食。一般結圓網的蜘蛛每天都會重新編織新網，在下雨時常會將網收起來，待天晴時再從新編織過。泉字雲斑蜘蛛（圖二）則是結立體網的蜘蛛，主網呈皿型，網的上下有許多不規則的支持絲，利用獵物撞擊到支持絲時掉落至倒皿型的主網上才進行捕食，而泉字雲斑蜘蛛的網可以在野外中維持很久的時間，有些甚至數個月都不會將網完全重新編織過。因此，不同種類的蜘蛛絲，要適應不同環境，可能會使蜘蛛絲具有不同的特性。

蜘蛛網要承受獵物的撞擊，還要承受蜘蛛本身的重量，以及環境中的風吹、日曬、雨淋。因此在本研究中，我們將探討絲的長度、環境溫度及溼度對蜘蛛絲張力的影響。台灣地區的氣溫約在 10 ~30 °C，但有時冬天的寒流及夏天時太陽的照射會使溫度變化很大，因此蜘蛛絲在不同的溫度下，對絲的張力會有什麼影響？另外，蜘蛛網在野外中也要面臨雨水的澆淋，而人面蜘蛛遇水會將網收起，泉字雲斑蜘蛛卻任風吹雨打，因此蜘蛛絲在面臨這些因子時，會產生什麼變化呢？結圓網的人面蜘蛛的絲和結立體網的泉字雲斑蜘蛛的絲在面對雨水的澆淋時，會不會有不同的反應呢？

肆、研究設備及器材

（一）實驗器材

1. 蜘蛛數隻
2. 數位相機
3. 保力龍板及波浪板數片
4. 投影片夾數片
5. 球針及大頭針數盒
6. 10g 彈簧秤數支
7. 解剖顯微鏡一台
8. 烘箱一台
9. 冰箱一台
10. 澆花噴霧器數支
11. 溫度計
12. 線香數包
13. 剪刀、鉛筆、白膠等文具

（二）蜘蛛種類

1、人面蜘蛛(*Nephila pilipes*)

人面蜘蛛為長腳蜘蛛科，為台灣地區最大型蜘蛛，網成垂直圓網型，腳張開達 30 公分長，雌蜘蛛體長 3.5 ~ 5 公分間，頭胸部呈黑褐色，上有凹凸隆起如人之臉孔，故稱為人面蜘蛛。步腳四對強大而呈黑色，其基節下側呈褐色。腹部圓筒狀，背面褐色上具黃色縱斑紋。雄蜘蛛體長則僅約 0.8 公分，頭胸部呈黑褐色，觸肢膨大，足黃色；腹部黃色，背面中央有褐紋。人面蜘蛛通常棲息樹林環境，其中最常出現於通風處及路燈下等容易捕食獵物的地點，由離地

面一公尺以內到十餘公尺的樹梢都可看到人面蜘蛛配合環境結網，其網幅可達 1-2 公尺以上。雌蜘蛛通常頭部朝下棲息網中，繁殖季時可見雄蜘蛛棲息同一網上伺機與雌蜘蛛交配。

2、泉字雲斑蜘蛛 (*Cyrtophora moluccensis*)

泉字雲斑蜘蛛為金蜘蛛科，雌蜘蛛體常約 9-14mm，背部為橙黃色或黃綠色，散佈黃或紅色條紋和斑點，色彩非常豔麗。泉字雲斑蜘蛛網為立體網。廣泛分佈於台灣各低海拔山區和平地，多結網於森林邊緣或步道兩旁的灌叢。

伍、研究過程及方法

(一) 取絲

將野外中帶回之蜘蛛加以觀察紀錄再加以抽絲，抽絲步驟如下：

1、人面蜘蛛

將人面蜘蛛腹面朝上，為避免蜘蛛隨意爬動影響絲之張力，將蜘蛛放反置於保麗龍板上，用球針和紙使其八肢固定(圖三)。用五號鑷子輕輕刺激其絲疣，即可使絲由絲疣中拉出(圖四)。用白膠塗抹於幻燈片夾之對稱兩端，拉出的絲黏於幻燈片夾上，再用線香輕點蜘蛛絲，將幻燈片上的絲與絲疣上的絲分開，然後把幻燈片夾上，每一片幻燈片可放置 5 條同一隻個體的蜘蛛絲。

2、泉字雲斑蜘蛛

泉字雲斑蜘蛛因體型較小，無法利用紙片固定，因此將泉字雲斑蜘蛛用保鮮膜稍加固定，接著用球針將保鮮膜固定於保麗龍板上，露出蜘蛛的腹部，以利抽絲。同樣用五號鑷子輕輕刺激其絲疣，然後自絲疣將絲慢慢拉出。用白膠塗抹於幻燈片夾之對稱兩端，將拉出的絲黏於幻燈片夾上，再用線香輕點蜘蛛絲，將幻燈片上的絲與絲疣上的絲分開，然後把幻燈片夾上。

(二) 因子控制

1、長度因子

將波浪板分別裁成內框寬度為 1、2、3、4、5、6 公分的框架。然後用自製長度的板子取代幻燈片夾抽絲，每一片框架同樣放置同一個體的 5 條蜘蛛絲。

2、水分因子

取同一個體之蜘蛛絲片夾各 4 片。利用噴霧器朝蜘蛛絲噴水(圖五)，其中兩片噴水 30 分鐘，另兩片噴水 60 分鐘。接著分別取一片噴水 30 分鐘及一片噴水 60 分鐘之片夾，在絲上仍充滿水分時立刻測其張力。另兩片片夾則置於室溫一天以上等絲上水份自然乾燥之後，再進行張力測試。

3、溫度因子

取同一個體之蜘蛛絲片夾各 2 片。其中一片置於 40℃ 培養箱 6 小時，另一片則置於 -10℃ 冰箱 6 小時。將絲由 40℃ 或 -10℃ 環境中取出，立即測絲之張力。

(三) 張力測試

將 10g 的彈簧秤固定於解剖顯微鏡上，彈簧秤下方夾住一個由小鐵絲拗成的勾勾，將彈簧歸零（圖六）。將絲置於平台上，讓小勾勾勾住幻燈片上絲之中點，慢慢轉動顯微鏡之粗調節輪，讓彈簧秤上升，絲則慢慢被拉緊，待彈簧秤升至絲承受不住張力斷掉時，此時彈簧秤上的瞬間數據即為絲之張力。

(四) 因子控制分析

長度因子所得之數據利用 Excel 畫出回歸線並計算其相關係數。水分及溫度因子則利用成對 T-test (Paired T-test) 分析，求出其 P-value 值。

(五) 人面蜘蛛絲之胺基酸組成分析

從台中大坑帶回五隻人面蜘蛛及泉字雲斑蜘蛛，利用抽絲機取絲後，將蜘蛛絲稱重以每毫克(mg)重量溶於 50 微升(μ l)之比例溶於 hexafluoro-isopropanol (HFIP) 溶液中。之後利用國立清華大學貴重儀器中心之 reverse-phase HPLC (high-pressure liquid chromatography) 進行胺基酸組成之分析。

陸、研究結果

(一) 人面蜘蛛之絲長度對張力的影響

由圖七，利用兩隻人面蜘蛛的蜘蛛絲，分別依 1~6 公分的長度去測得的張力，將每隻個體所取得的五條絲，所測得之張力平均，畫出蜘蛛絲長度與張力之相關圖，其中一個個體之相關係數為 0.8905，另一隻個體為 0.6995，雖然相關係數並沒有很高，但兩者皆屬於正相關。

(二) 水分對蜘蛛絲張力之影響

分別對五隻人面蜘蛛及兩隻泉字雲斑蜘蛛所進行水分的影響，由表一，在噴水 30 分鐘後，人面蜘蛛的絲在絲仍潮濕及絲上的水分乾燥之後，蜘蛛絲的張力都具有顯著差異。在絲上仍有水分時的張力明顯小於沒有水分時。而泉字雲斑蜘蛛則沒有達到顯著差異(表一)。

在噴水 60 分鐘後，人面蜘蛛的絲在絲上仍有水分時的張力仍是顯著的小於水分乾燥後(表二)。而泉字雲斑蜘蛛有一隻達到顯著差異，另一隻則沒有達到顯著差異(表二)，因此泉字雲斑蜘蛛的絲在絲上仍有水分及水分乾燥後，其張力之差異不如人面蜘蛛那麼顯著。

另外，比較沒有經過任何處理的對照組以及噴水 60 分鐘後待絲乾燥之蜘蛛絲張力，由三隻人面蜘蛛兩隻泉字雲斑蜘蛛之結果，皆沒有達到顯著差異(表三)。顯示蜘蛛絲只要絲上水分附著時，其張力並沒有差異，即使曾經有水分附著，只要水分乾了之後，張力就恢復。

(三) 溫度對蜘蛛絲張力之影響

不論人面蜘蛛或泉字雲斑蜘蛛，將蜘蛛絲置於比室溫高的 40 或比室溫低的-10，其張力皆不具有顯著差異(表四及表五)，顯示溫度對蜘蛛絲張力並沒有很大的影響。

(四) 人面蜘蛛絲之胺基酸組成

由五隻人面蜘蛛所測得知胺基酸組成，其中含量最多的五種胺基酸如圖八。甘胺酸 (Glycine) 所佔比例最高，高達 40%，而丙胺酸 (Alanine) 也佔了約 20%，加上麩胺酸 (Glutamine)，脯胺酸 (Proline) 及絲胺酸 (Serine)，這些為含量最多的五種胺基酸，加起來約佔 85%。

而由三隻泉字雲斑蜘蛛所測得的胺基酸組成，含量最多的五種胺基酸與人面蜘蛛相同 (圖八)，只是比例不盡相同。泉字雲斑蜘蛛的胺基酸以丙胺酸 (Alanine) 含量最高，所佔的比例約為人面蜘蛛丙胺酸的兩倍，而甘胺酸 (Glycine) 所佔的比例也是很高，與人面蜘蛛差不多。

柒、討論

大部分蜘蛛靠結網捕食，因此蜘蛛絲的張力往往是獵物衝撞時最重要的因子，利用不同長度之蜘蛛絲所測得的蜘蛛絲張力呈現正相關，顯示蜘蛛絲會隨著長度而增加張力，但因在這個實驗中只獲得兩隻人面蜘蛛的數據，無法與其他蜘蛛做比較，在我們的觀察中，發現人面蜘蛛會有效的利用空間，能結多大的網就結多大，應是當網結的越大，能提供越大的張力來承受獵物的撞擊。所以蜘蛛應該會有效的利用空間，編織出可能的最大的網，如此不但增加攔截獵物的機會，也能有效增加蜘蛛絲之張力。

在我們的觀察中，在野外中常看到當快下雨時，人面蜘蛛就會急急忙忙將網收起，躲到一旁的樹葉下，等到雨停了才會重新出來結網。而我們發現蜘蛛絲在受到水分附著之後，其張力會顯著的降低，隨著張力降低，獵物一旦撞上蜘蛛網，蜘蛛網很容易就會破了，無法有效的提供其張力將獵物困住，因此對昆蟲等獵物的捕捉效率會明顯降低，所以人面蜘蛛的絲非常怕水分的附著，才會在下雨時急忙將網收起。相較之下，對結立體網的泉字雲斑蜘蛛而言，水分對其影響似乎就比較小，在實驗中噴水 30 分鐘，對泉字雲斑蜘蛛不具有顯著影響，而在噴水 60 分鐘之後，雖然有達到顯著差異，但仍不像人面蜘蛛那麼明顯，因此泉字雲斑蜘蛛的絲對於水的附著，對其捕捉獵物的功效影響比較小，因此泉字雲斑蜘蛛在野外中並不會因為下雨就將蜘蛛網收起，這可能也是泉字雲斑蜘蛛的絲較不會因為水分而有影響。另外，我們的研究也發現，不論是結圓網的人面蜘蛛或是結立體網的泉字雲斑蜘蛛，即使蜘蛛絲曾被雨水淋過而改變其張力，但只要把絲晾乾之後，蜘蛛絲的張力就會回復之前的張力，因此當水分附著再蜘蛛絲上時，對於蜘蛛絲的張力是具有很大的影響。所以即使蜘蛛絲在野外中被雨水淋濕了，只要把水分晾乾就可以恢復之前之張力，只是在等待絲乾的過程中須耗許多時間，因此蜘蛛會選擇先將網收起，待天晴再重新織網。

蜘蛛絲在野外中，除了雨水之外，還要忍受環境溫度的改變，以夏季而言，溫度約為 25℃，但在陽光的直射下，溫度有時會到達 40℃。而冬季時，寒流來臨時，平地溫度也會低到 5~10℃，這種溫度的劇烈改變，對蜘蛛絲的張力影響，似乎不明顯。雖然人面蜘蛛和泉字雲斑蜘蛛在夏季族群量較多，但仍有少數個體在冬季時仍存活，這些蜘蛛就必須適應環境溫度的改變，不論環境溫度如何改變，都要維持絲的張力，才能夠發揮最佳的捕食效果，所以溫度對於蜘蛛絲的張力就較小，才能讓蜘蛛不論在哪種季節，都能夠捕食到獵物。

根據文獻指出，蜘蛛絲具有許多重覆的胺基酸單元，所以其蜘蛛絲的胺基酸組成，會有一些佔有大部分的比例 (Hayashi 2002)，我們從台灣的人面蜘蛛和泉字雲斑蜘蛛的絲，也確定甘胺酸 (Glycine)，丙胺酸 (Alanine)，麩胺酸 (Glutamine)，脯胺酸 (Proline) 及絲胺酸 (Serine) 就佔了全部絲胺基酸組成的 85%，尤其甘胺酸和丙胺酸是形成蜘蛛絲中 (GA)_n，(A)_n 及 GGX

單元的主要組成，雖然泉字雲斑蜘蛛的丙胺酸 (Alanine) 含量比人面蜘蛛還要高許多，但(GA)_n及(A)_n的單元都是使的絲形成 β -sheet 的結構而反映在張力上，因此確定蜘蛛絲因具有大量的相同胺基酸而形成特殊的結構，使得蜘蛛絲具有較好的張力，這些好的張力才會使的蜘蛛絲的張力比許多人造物質還強。在此研究中，不論同種或不同種的蜘蛛，其蜘蛛絲的張力都非常不同，曾有文獻指出，蜘蛛絲的胺基酸組成與蜘蛛本身所捕捉到的獵物有關，蜘蛛會因食物的不同，表現出不同的胺基酸組成的絲 (Wu 2002)。因此我們從野外中帶回來的蜘蛛直接取絲可能因每一隻蜘蛛在野外中所吃到的獵物種類就不同，導致每一隻蜘蛛表現出不同的胺基酸組成，使得絲所具有的特性不盡相同，因此即使是同一種蜘蛛，其種內蜘蛛絲的張力就非常不同，因此在本實驗中無法針對不同種之間的蜘蛛絲做張力之比較。若能將蜘蛛從野外中帶回飼養一段時間而飼養相同之食物，排除蜘蛛在野外中覓食不同獵物這個影響，應該就可以針對不同種蜘蛛絲之張力做比較，就能更清楚知道結圓網之蜘蛛和結立體網之蜘蛛，其蜘蛛絲的張力是否具有差異。

由我們的研究可以知道水份對蜘蛛絲張力的影響很大，因此若想將蜘蛛絲的纖維拿來應用在生活中，就要先克服水份的影響，另外，結立體的泉字雲斑蜘蛛筆結圓網的人面蜘蛛對水份的抗性似乎較佳，因此在選擇蜘蛛種類時，結立體網的蜘蛛可以做為優先考量。只要能克服這些因子，相信蜘蛛絲這種具有高度張力的物質，就能廣泛應用於生活中。

捌、結論

蜘蛛絲非常的怕水，一旦絲上面有水分附著時，絲的張力就會變的很弱，但只要等水分乾了之後，張力就會恢復。而溫度對於蜘蛛絲沒有影響，會因為溫度造成張力差異。但是蜘蛛絲之張力具有很大的種內差異，可能因每個個體所捕捉到的獵物不同而致。台灣地區人面蜘蛛蜘蛛絲的胺基酸，由甘基酸 (Glycine) 及丙胺酸 (Alanine) 佔了一半以上，因此蜘蛛可能具有特殊的結構，如 β -sheet 或 3_0 helix，使的絲具有比較好的張力與彈性。

玖、參考文獻

- 陳世煌，台灣常見蜘蛛圖鑑。初版，台灣台北，行政院農業委員會，317 頁，2001。
- Foelix, R. 1996. Biology of spiders. 2nd edition. New York: Oxford University Press, Inc. pp 110-149.
- Gosline, J. M., Guerette, P. A., Ortlepp, C. S. & Savage, K. N. 1999. The mechanical design of spider silks: from fibroin sequence to mechanical function. *The Journal of Experimental Biology*, 202, 3295-3303.
- Hayashi, C. Y. 2002. Evolution of spider silk proteins: insight from phylogenetic analyses. *Molecular Systematics and Evolution: Theory and Practice*. Birkhauser Verlag/ Switzerland.
- Hinman, M. B., Jones J. A. & Lewis, R. V. 2000. Synthetic spider silk: a modular fiber. *Tibtech*, 18, 374-379.
- Parkhe, A. D., Seeley, S. K., Gardener, K., Thompson, L. & Lewis, R. V. 1997. Structural studies of spider silk proteins in the fiber. *Journal of Molecular Recognition*, 10, 1-6.
- Vollrath, F. 2000. Strength and structure of spider 's silks. *Reviews in Molecular Biotechnology*, 74, 67-83.

- Winkler, S. & Kaplan, D. V. 2000. Molecular biology of spider silk. *Reviews in Molecular Biotechnology*, 74, 85-93.
- Wu, H. C. 2002. Will giant wood spider *Nephila pilipes* respond to diet variation by altering silk protein ? Evidence from field surveys and manipulative studies. Master thesis, Tunghsi University, Taiwan.
- Xu, M. & Lewis, R. V. 1990. Structure of a protein superfiber: spider dragline silk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87, 7120-7124.



圖一、人面蜘蛛，成熟雌性個體體長可達 5 公分，背部具有黃色條紋，為台灣最大的結網性蜘蛛。



圖二、泉字雲斑蜘蛛，身上具有許多鮮豔的斑紋，結立體網，其蜘蛛網可在野外中達數個月而不完全更新。



圖三、將人面蜘蛛腹面朝上，利用紙片將蜘蛛的腳固定，再利用球針固定紙片。



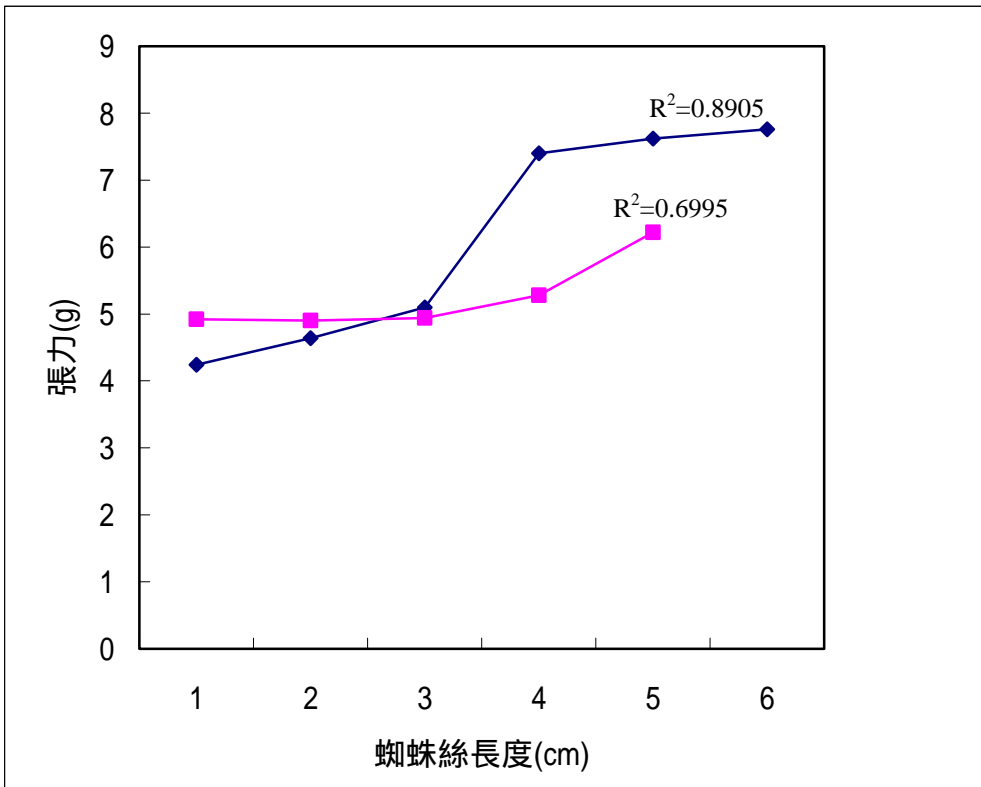
圖四、將蜘蛛絲由絲疔中拉出，黏在已經塗滿膠水的邊框上。



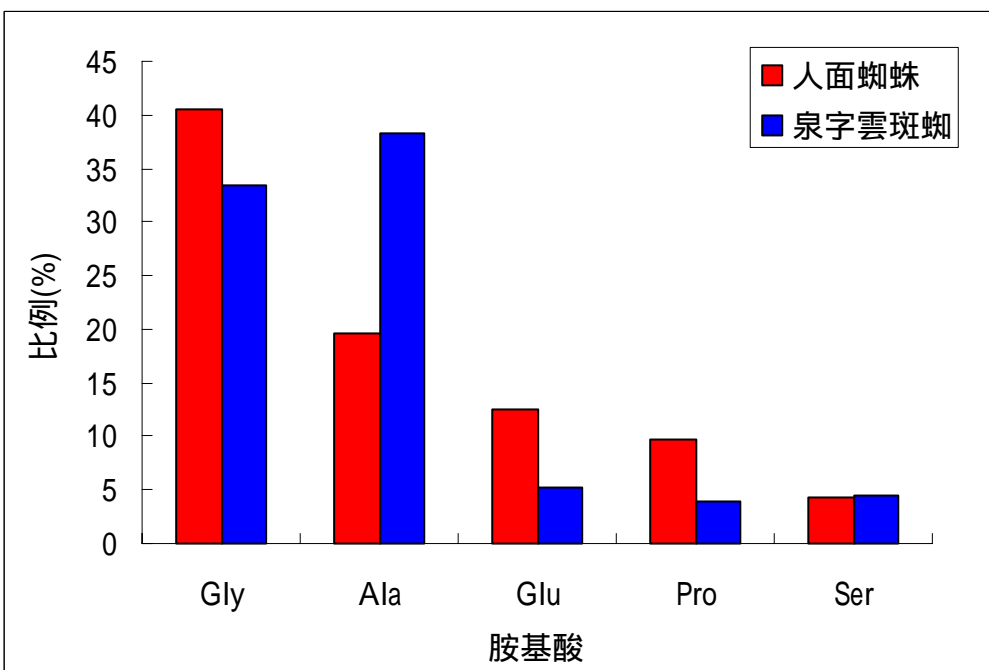
圖五、噴水處理裝置，將蜘蛛絲架好之後，利用噴水器噴水。



圖六、張力測試裝置。



圖七、不同長度之人面蜘蛛絲之張力，隨著長度愈長，其張力愈大，屬於正相關。



圖八、蛛絲胺基酸組成，其中 Gly 為甘胺酸(Glycine)、Ala 為丙胺酸(Alanine)、Glu 為麩胺酸(Glutamine)、Pro 為脯胺酸(Proline)、Ser 為絲胺酸(Serine)。

表一、噴水 30 分鐘後，一組蜘蛛絲隨即進行張力測試，另一組待絲上的水分乾燥之後再測張力，比較兩組之差異。

蜘蛛編號	絲的張力(g)		P 值
	噴濕之後	等待絲乾	
人面蜘蛛 NP-01	3.7	9.8	0.0069
	1.3	9.4	
	2.7	9.5	
人面蜘蛛 NP-02	0.2	0.8	0.0106
	0.3	1.3	
	0.9	1.3	
	0.4	1.1	
	0.7	1.3	
人面蜘蛛 NP-03	0.8	0.9	0.0025
	0.6	1.2	
	0.6	0.7	
	0.6	0.8	
	0.5	1.2	
人面蜘蛛 NP-04	0	3.7	0.0006
	0	4.2	
	0	4.8	
	0	2.6	
	0	3.2	
人面蜘蛛 NP-05	0.1	2	0.0001
	0	2.4	
	0.2	2.1	
	0	1.8	
	0.1	1.7	
泉字雲斑蜘蛛 CM-01	1.8	1	0.1354
	1.7	1.6	
	1.2	1.4	
	1.7	1.2	
	1.4	1	
泉字雲斑蜘蛛 CM-02	0.5	0.5	0.3910
	0.6	0.3	
	0.4	0.4	
	0.6	0.6	

表二、噴水 60 分鐘後一組蜘蛛絲隨即進行張力測試，另一組待絲上的水分乾燥之後再測張力，比較兩組之差異。

蜘蛛編號	絲的張力(g)		P 值
	噴濕之後	等待絲乾	
人面蜘蛛 NP-01	2.7	5.4	0.0102
	3.4	4.9	
	2.6	3.9	
	3.1	4.8	
人面蜘蛛 NP-02	0.6	1.1	0.0086
	0.9	1.1	
	0.9	1.4	
	0.7	1.4	
	0.4	1.3	
人面蜘蛛 NP-03	0.2	1.2	0.0305
	0.6	0.8	
	0.9	1.2	
	0.6	0.9	
	0.8	1.4	
人面蜘蛛 NP-04	0.6	2.7	0.0394
	0.7	3.0	
	1.6	3.2	
	3.2	3.5	
人面蜘蛛 NP-05	0.3	2.7	0.0106
	0.2	4.0	
	0.5	2.3	
	0.3	2.4	
泉字雲斑蜘蛛 CM-01	1.3	1.6	0.0478
	0.9	1.2	
	1	1.2	
	1.1	1.5	
	0.7	1.8	
泉字雲斑蜘蛛 CM-02	0.1	0.4	0.0512
	0.3	0.6	
	0.2	0.3	
	0.3	0.3	
	0.2	0.7	

表三、將沒有經過任何處理的蜘蛛絲（對照組）與噴水 60 分鐘後待絲乾燥後之蜘蛛絲作張力比較。

蜘蛛編號	絲的張力(g)		P 值
	對照組	等待絲乾	
人面蜘蛛 NP-01	7.3	5.4	0.1631
	6.1	4.9	
	7.4	3.9	
	4.3	4.8	
人面蜘蛛 NP-02	1.6	1.1	0.5049
	0.9	1.1	
	1.3	1.4	
	1.2	1.4	
	0.6	1.3	
人面蜘蛛 NP-03	0.7	1.2	0.2159
	1.3	0.8	
	0.7	1.2	
	0.6	0.9	
	0.5	1.4	
泉字雲斑蜘蛛 CM-01	1.8	1.6	0.1949
	2.1	1.2	
	1.1	1.2	
	1.1	1.5	
	1.5	1.8	
泉字雲斑蜘蛛 CM-02	0.3	0.4	0.8355
	0.2	0.6	
	1	0.3	
	0.6	0.3	
	0.5	0.7	

表四、人面蜘蛛蜘蛛絲置於 40 及-10 下 6 小時，蜘蛛絲張力差異之比較。

蜘蛛編號	絲的張力(g)		P 值
	40	-10	
人面蜘蛛 NP-01	7.3	6.5	0.2420
	3.4	4	
	3.3	2.8	
	6.8	4.9	
	6.1	5.9	
人面蜘蛛 NP-02	0.9	0.9	0.7459
	0.6	0.9	
	0.7	1.1	
	1.6	0.5	
	0.5	1.5	
人面蜘蛛 NP-03	0.2	1.2	0.4348
	0.5	1.3	
	0.9	0.5	
	0.8	0.7	
	0.7	0.6	
人面蜘蛛 NP-04	2.6	3.6	0.3513
	2.3	3.4	
	2.9	4.2	
	3.5	3.8	
	3.8	1.9	
人面蜘蛛 NP-05	7.6	10.4	0.0808
	8.5	7.5	
	3.9	7.6	
	6.8	10.4	
	5.4	6.6	
人面蜘蛛 NP-06	2.2	2.2	0.0972
	2.2	1.8	
	1.9	2.9	
	2.6	2.4	
	2.1	2.3	

表五、泉字雲斑蜘蛛置於 40 及-10 下 6 小時，蜘蛛絲張力差異之比較。

蜘蛛編號	絲的張力(g)		P 值
	40	-10	
泉字雲斑蜘蛛 CM-01	0.7	0.8	0.5012
	1.1	1.4	
	0.8	0.8	
	1.3	1.1	
	1.2	1.3	
泉字雲斑蜘蛛 CM-02	0.3	0.3	0.0777
	0.2	0.3	
	0.1	0.5	
	0.1	0.3	
	0.3	0.4	

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 生物(生命科學)科

040710

“絲”路之旅——環境因子對蜘蛛絲張力之
影響及胺基酸組成分析

國立臺中文華高級中學

評語：

1. 以彈簧秤固定於解剖顯微鏡上來測定蜘蛛絲的張力，頗具創意。
2. 能以定量方式實驗，也能以統計分析，非常好。但 Pvalue 的用法可改善。