

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

最佳創意獎

030302

一葉知秋

—植物生長環境條件對其葉片維管束比例之影響

學校名稱：彰化縣立彰安國民中學

作者：	指導老師：
國二 吳姿瑩	侯松男
國二 蔡佳蓓	林桓立

關鍵詞：維管束比例、生長環境、年雨量

摘要

年輪學是研究樹木莖部年輪變化與環境條件關係的一門學問。葉片與莖相同都是植物的重要部位，莖會受到環境影響而形成年輪，那葉片是否也會因為環境的差異，而會有結構上的差異呢？

我們嘗試收集各種植物的葉片的顯微切片照片，利用影像分析軟體 Image J 來計算其維管束在葉片橫切面上所佔之比例，再與該植物的生長環境因子進行比較，了解其間的相關性。

研究結果顯示，年雨量與維管束所佔比例之相關係數為 0.370，結果呈現為中度相關。而利用 ArcGIS 取得之全球圖資進行疊圖分析後發現，在相對乾燥的區域(年雨量<1000mm)維管束比例>10%者佔了 76%，由此可知年雨量與植物葉片的維管束比例有著相關性。

壹、研究動機

在一年級的自然課本中有一張植物的葉片剖面圖，最外層是表皮細胞、裡面有許多葉肉細胞，葉肉細胞裡面還有許多一根一根的維管束。當時老師介紹維管束的功能是運輸水分及養分，還拿了許多不同植物的葉片剖面給我們看。當時，班上有同學發問，為何每張圖片的維管束粗細都不一樣？當時老師只說，這個問題與植物的類別、生理特性、生長條件可能都有關係。

好奇的我們利用下課時間再去詢問老師，老師舉了個例子讓我們理解，在一個城市當中，每當大樓越多，人口也就越多，隨著人口增加，道路也就更加寬敞。也就是說，植物所需要的水分以及養分較多時，這種植物的維管束所佔的比例也應該越大。之後老師也建議我們可以去收集一些資料，並且試著找到期間的關係。

另外，在國一自然課還提到木本植物的莖會因為環境條件，而影響形成層細胞的細胞分裂速度，以至於在不同季節產生的木質部細胞厚度不一。春夏季由於雨水豐沛、氣溫較高，形成層產生的木質部的細胞較大、數量較多，外觀看起來紋路較淺。秋冬季時，雨水較少、氣溫較低，形成產生的木質部的細胞較小、數量也較少，外觀看起來紋路較深，這樣一深一淺交替而形成年輪。因此，我們合理的推論在不同環境生長的植物葉片之維管束可能也會有所差異。

就這樣，我們便開始收集各種植物照片，來探討其物種、環境條件(雨量、溫度…)之相關性。

貳、研究目的

- 1.探討維管束在葉片中所佔比例，是否與植物類別存在相關性？
- 2.探討維管束在葉片中所佔比例，是否與生長條件存在相關性？

參、研究設備與器材

一、研究分析用相關軟體

我們的研究使用了多種軟體來得到我們的研究數據。首先使用 Google 搜尋引擎在網路上收集可用圖片，再利用 Adobe Photoshop 進行圖片顏色校正並裁切適當大小。為了計算葉脈面積與維管束面積，使用 ImageJ 分析已經處理好的照片，藉此將影像資料轉為量化數據，透過 Microsoft Excel 彙整分析所得之數據。最後再利用網路版的 ArcGIS 地理資訊系統作為比對工具，了解環境條件與植物樣品之相關性。

以下為本研究使用之電腦軟體：

- 1.影像搜尋軟體：Google
- 2.影像分析軟體：Image J
- 3.影像處理軟體：Adobe Photoshop
- 4.資料分析軟體：Microsoft Excel
- 5.地理資訊系統：ArcGIS Online
- 6.文件整理與報告撰寫：Microsoft Office

二、研究材料

我們分別在網路上收集植物葉片之切片照片，這些照片必須有清楚細胞輪廓、且能清楚判斷維管束與葉肉組織細胞並具有 2 個以上的維管束為原則。我們利用 google 搜尋引擎來進行資料收集，並且利用[關鍵字搜尋](#)與[以圖搜圖](#)功能，所使用之關鍵字例如： Leaf cross section、葉の断面……等。

本研究除了收集照片之外，更彙整收集每種植物的生物分類階層、生長條件等相關資料，以利後續研究分析之用。本研究搜尋到的照片範例如圖 1、2 所示，表一為本研究使用之研究樣品資料。

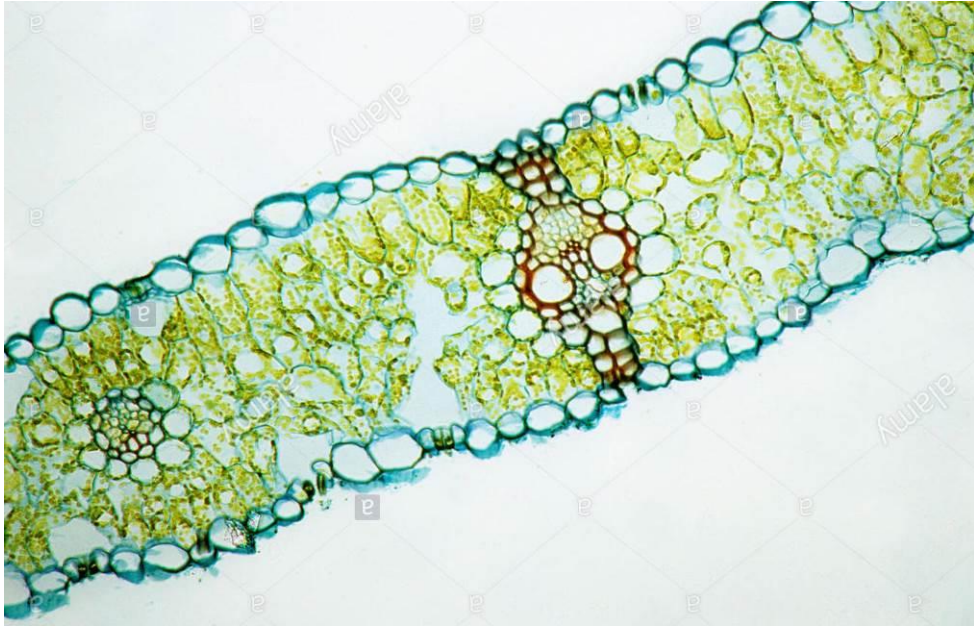


圖 1 單子葉植物葉片橫切面示意圖(小麥 *Triticum sp.*)

來源資料：<http://c8.alamy.com/comp/DDBMRA/triticum-leaf-cross-section-monocotyledon-lateral-vein-vascular-bundle-DDBMRA.jpg>

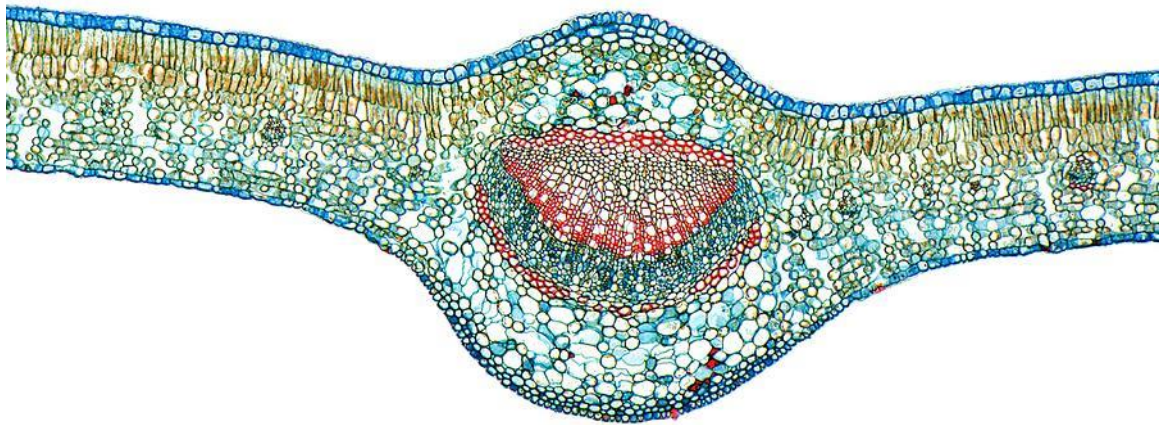


圖 2 雙子葉植物葉片橫切面示意圖(茶樹 *Camellia sinensis*)

來源資料：<http://images.fineartamerica.com/images-medium-large/tea-leaf-light-micrograph-dr-keith-wheeler.jpg>

表 1 研究樣品資料

中文名	學名	樣品分布區域
菠蘿	<i>Ananas comosus</i>	巴西、阿根廷、巴拉圭
格蘭馬草	<i>Bouteloua gracilis</i>	佛羅里達州、新墨西哥州、內華達州、紐約州、俄亥俄州、德克薩斯州、猶他州、威斯康辛、懷俄明州
百合	<i>Lilium sp.</i>	喜馬拉雅山區、土耳其、墨西哥
芒草	<i>Miscanthus sp.</i>	臺灣、日本、韓國、香港
香蕉葉	<i>Musa paradisiaca</i>	墨西哥、古巴、巴西、馬來西亞、澳大利亞、菲律賓
玉竹	<i>Polygonatum odoratum</i>	日本、印度、韓國、尼泊爾、阿富汗、喜馬拉雅山
小麥	<i>Triticum sp.</i>	瓜地馬拉、玻利維亞、秘魯、哥倫比亞、厄瓜多爾、委內瑞拉、阿根廷、巴西、智利、烏拉圭、巴拉圭、義大利、西班牙、希臘、比利時、盧森堡、荷蘭、羅馬尼亞、波蘭、匈牙利、捷克、斯洛伐克、保加利亞、俄羅斯、烏克蘭、哈薩克、土耳其、伊朗、阿富汗、敘利亞、伊拉克、阿爾及利亞、摩洛哥、突尼西亞、埃及、利比亞、衣索比亞、肯亞、蘇丹、尚比亞、辛巴威、坦尚尼亞、澳大利亞、紐西蘭、蒙古、日本、韓國、印度、巴基斯坦、孟加拉、尼泊爾、緬甸
蒲葦	<i>Cortaderia selloana</i>	馬達加斯加、墨西哥、加拿大、澳大利亞
鴨跖草	<i>Commelina communis</i>	日本、琉球、臺灣、印尼、西大洋洲、韓國、菲律賓、馬來西亞
茶葉	<i>Camellia sinensis</i>	印度、肯亞、斯里蘭卡、雲南、四川
橄欖	<i>Olea europaea</i>	非洲地中海盆地、阿拉伯半島、阿根廷
蘋果	<i>Malus domestica</i>	巴基斯坦、北達科他州
山茶花	<i>Camellia japonica</i>	雲南、臺灣、朝鮮、日本和印尼
向日葵	<i>Helianthus annuus</i>	加拿大、墨西哥
紫丁香	<i>Syringa oblata</i>	韓國、紐西蘭、四川、江西、陝西、甘肅、山西、山東、河北、吉林、哈爾濱、新罕布什爾州、阿富汗

肆、研究流程及方法

一、研究流程圖：

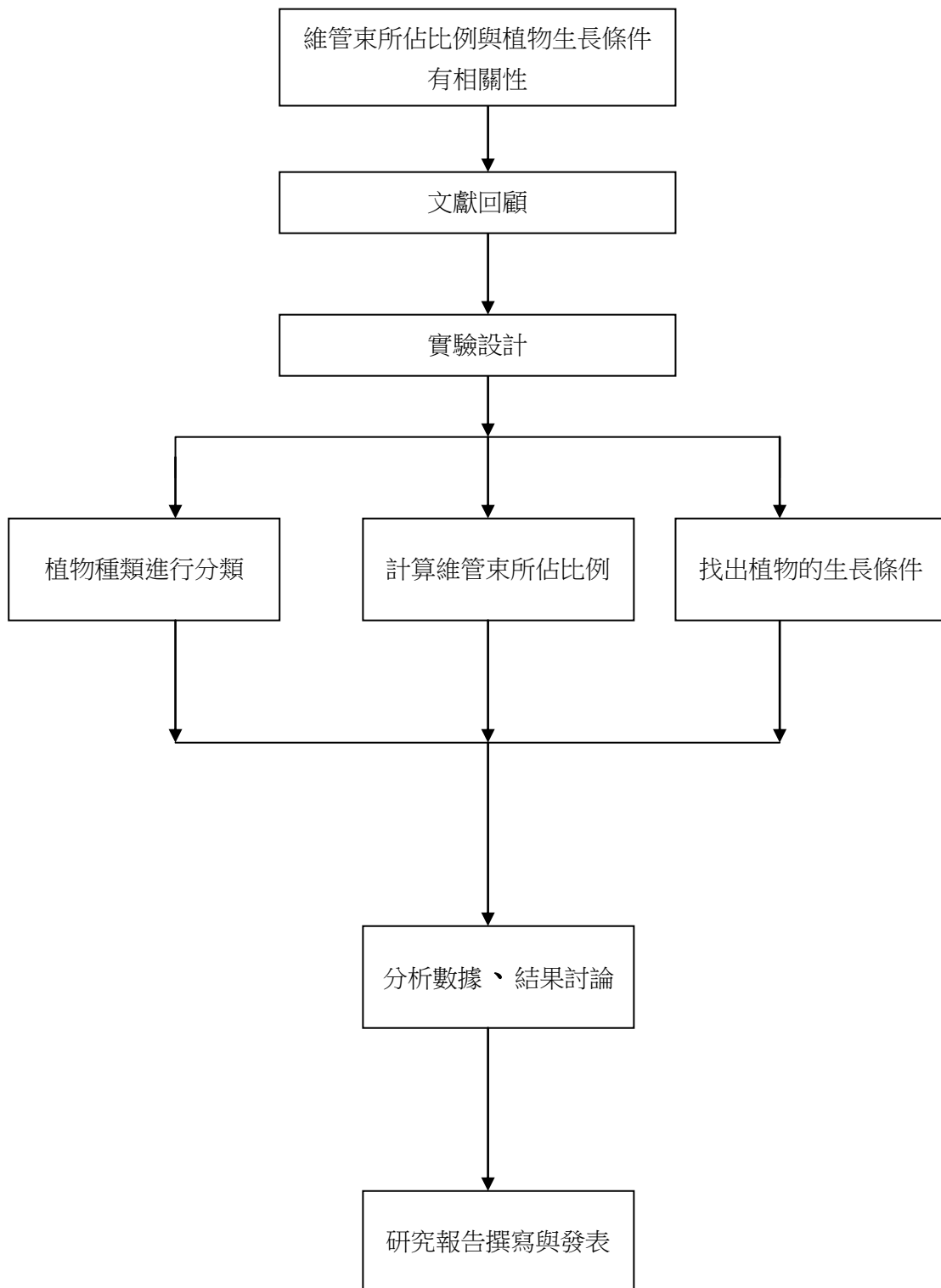


圖 3 研究流程圖

二、研究方法

1. 資料蒐集及彙整

利用 Google 引擎關鍵字搜尋與以圖搜圖二個功能來得到滿足本研究研究目的之照片。照片中，須具備清晰可判斷維管束與葉肉組織細胞且包含二個以上的維管束。

關鍵字搜尋所使用之關鍵字包括：Leaf cross section、葉の断面等，收集畫面如圖 4 所示。

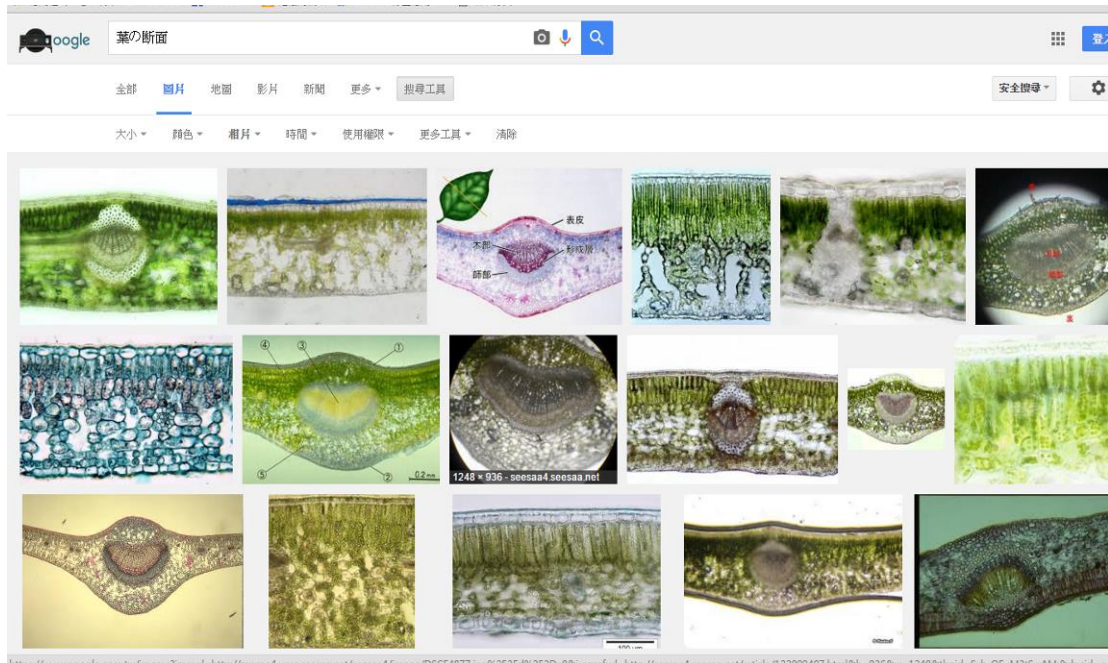


圖 4 搜尋過程範例

2 影像資料分析方法

- 影像裁切

使用 photoshop 進行裁切，我們所需的範圍是相鄰維管束之間的面積，而我們使用裁切工具將兩個維管束從中裁切(如圖 5)，而取出兩個維管束之間的所要葉肉面積區域，即可獲得所需資料(如圖 6)。

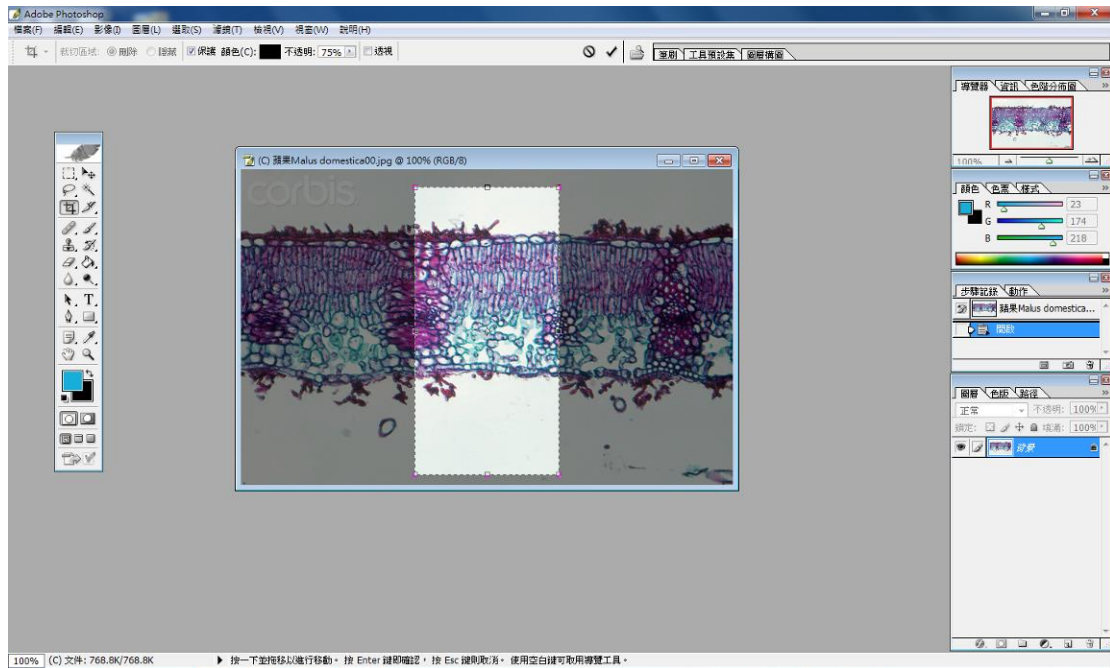


圖 5 標示裁切範圍

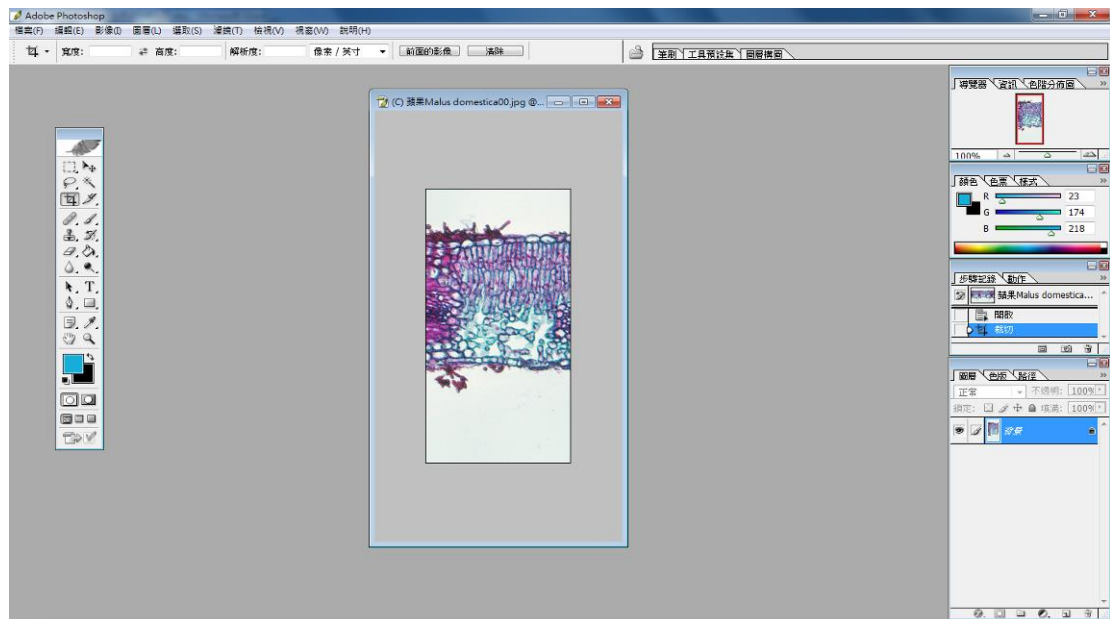


圖 6 完成裁切之影像資料

- 影像處理

上色處理的方法是先用使用魔術棒功能圈選維管束區域(如圖 7)，再用油漆桶功能，將指定圈選區域進行上色，即可獲得可分析之影像資料(如圖 8)。

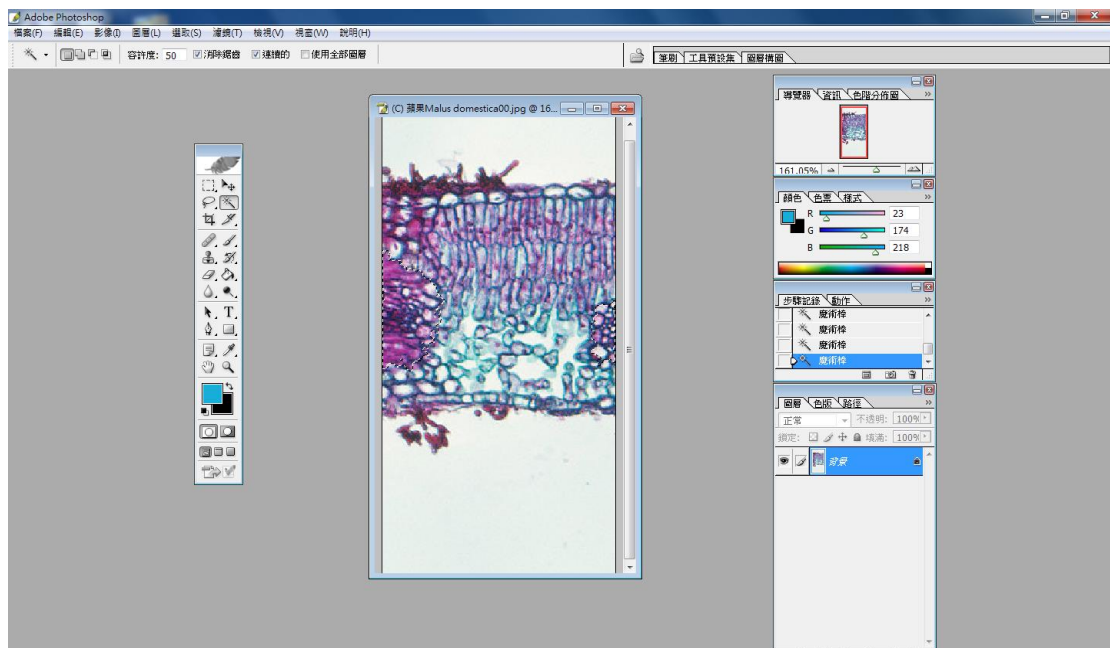


圖 7 圈選維管束區域示意圖

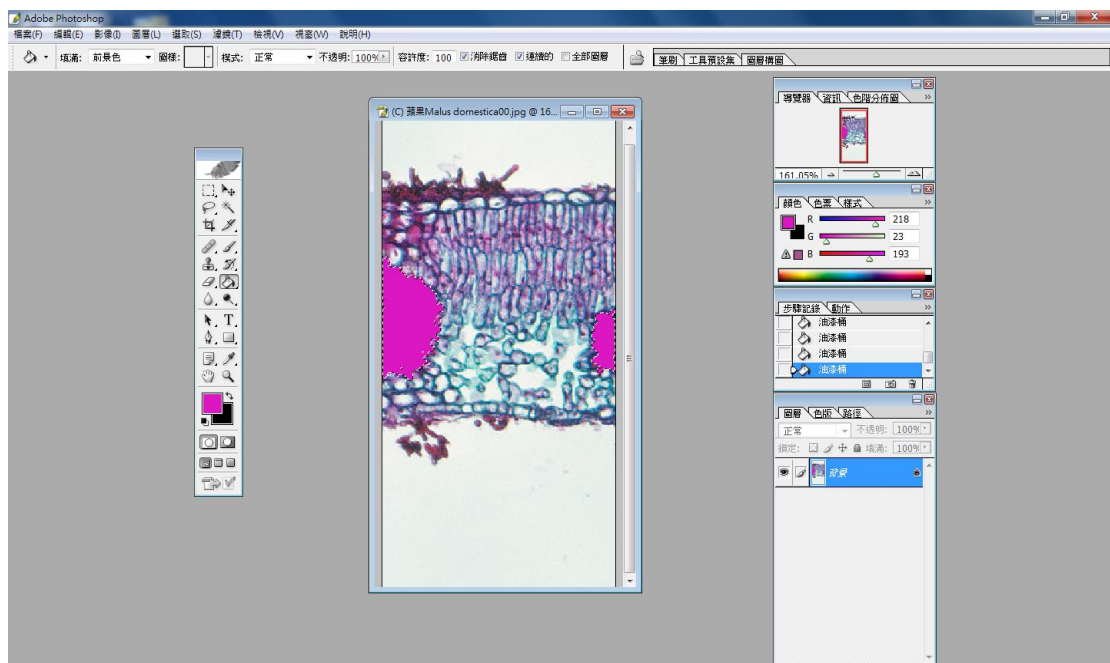


圖 8 維管束範圍上色後之範例

三、計算維管束面積以及葉肉組織面積的方法

為了求出維管束面積與葉肉組織的面積，我們使用 Image J，點選 File 中的 open 開啟所要計算的圖片，再利用  測量比例的长度(如圖 9)，測量完後，接著使用 Analyze 中的 Set Scale，調整比例的长度為 1 mm(如圖 10)。

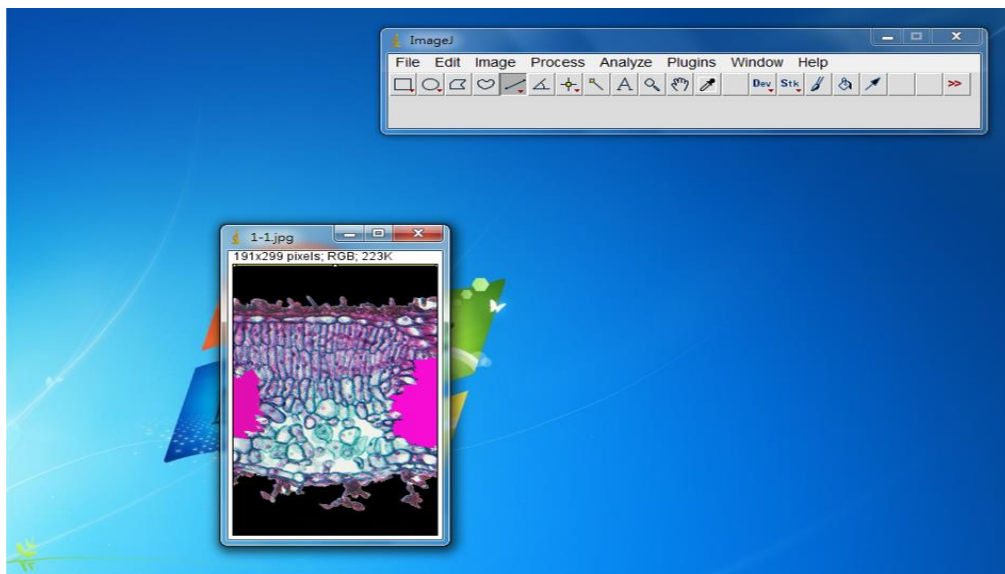


圖 9 測量比例長度示意圖

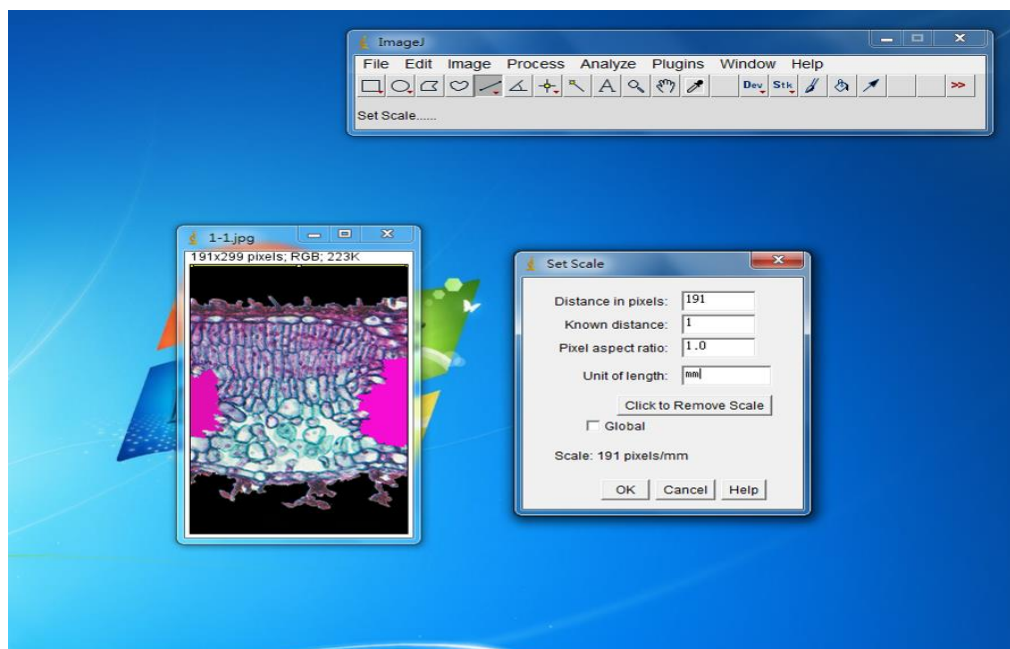


圖 10 調整比例長度示意圖

調整完後點選 Image J→Adjust→Color Threshold，並將有色區域調整至所需要計算的區域並按 Select 圈選，再點選 Analyze→Measure(如圖 11)，而當中的 Area，就是我們所要求的面積(如圖 12)。

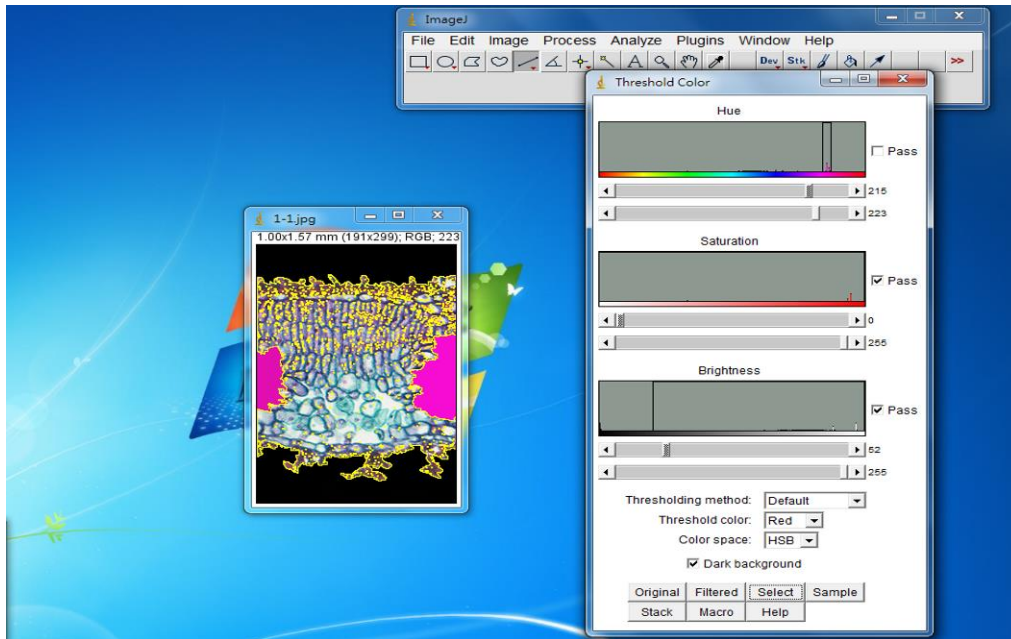


圖 11 計算面積示意圖

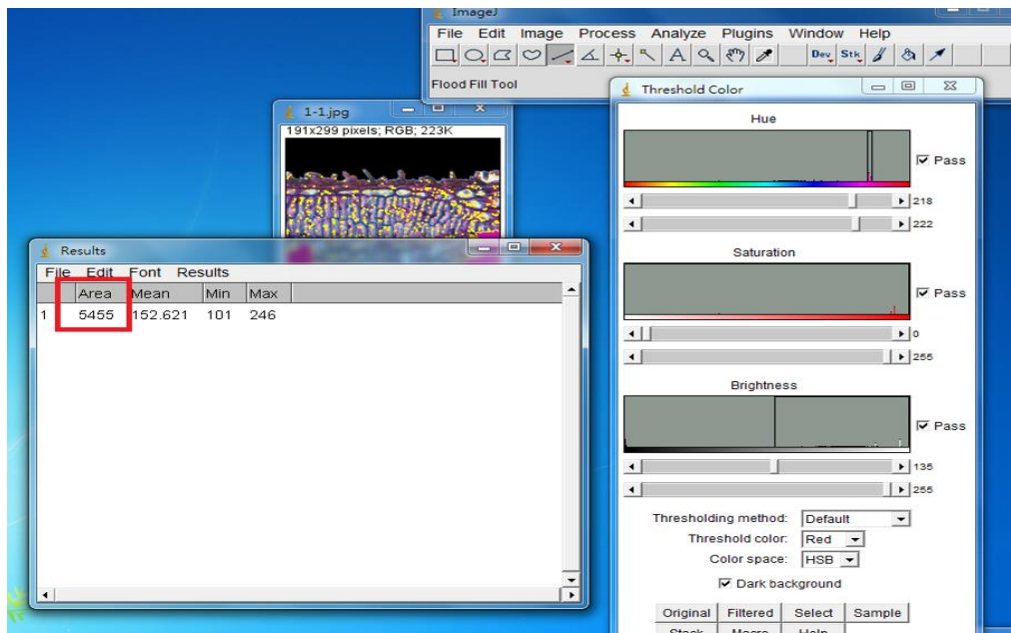


圖 12 計算後的面積示意圖

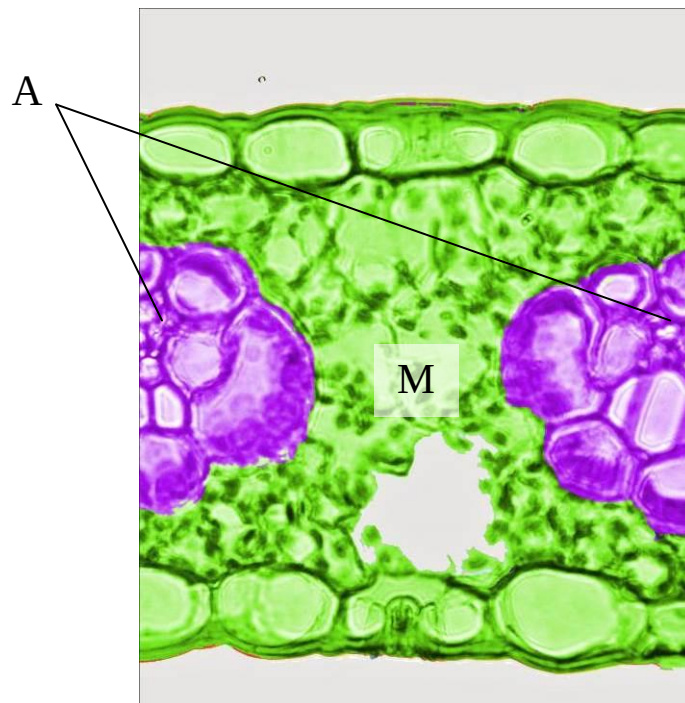


圖 13 計算面積比例示意圖

A 是維管束的面積，M 是除維管束外之其他組織(葉肉、表皮、保衛細胞)的面積，我們計算維管束之面積比例公式為 $A/(A+M)$

將計算所得數據整理成 Excel 表格，並且套用公式用以計算各項平均(如圖 13)。

A	B	C	D	E	F	G	H	I
物種名稱	檔案名稱	樣本編號	維管束面積	葉肉細胞數量	葉肉細胞面積	平均(維管束面積)	平均(細胞數)	平均(葉肉細胞面積)
2	Camellia sinensis茶葉	1	0.056	174	1.179			
3	Camellia sinensis茶葉	2	0.057	185	1.163			
4	Camellia sinensis茶葉	3	0.056	166	1.168			
6	Camellia sinensis茶葉	1	0.059	273	1.059			
7	Camellia sinensis茶葉	2	0.51	314	1.076			
8	Camellia sinensis茶葉	3	0.509	274	1.055			
11	Camellia sinensis茶葉	2	0.683	275	1.176			
12	Camellia sinensis茶葉	3	0.686	251	1.135			
14	Camellia sinensis茶葉	1	0.55	57	4.699			
15	Camellia sinensis茶葉	2	0.55	60	4.652			
16	Camellia sinensis茶葉	3	0.55	49	4.652			
18	Camellia sinensis茶葉	1	0.116	86	2.242			
19	Camellia sinensis茶葉	2	0.114	84	2.26			
20	Camellia sinensis茶葉	3	0.115	80	2.188			

圖 14 計算比例示意圖

四、植物樣品之生活環境條件調查與彙整

透過網頁搜尋植物的生物分類階層，與生存環境因素，包括；分布地區、雨量、適應力、溫度、氣候分布、光照強度。再利用 Excel 的彙整、篩選及統計功能了解其相關性。

伍、研究結果與討論

以下分別針對本研究之具體研究結果進行介紹，包括：維管束比例與植物類別之關係、維管束比率與植物生長環境條件之關係。研究結果如圖 15 所示。

一、維管束比例與植物種類之關係

利用收集並分析所得之資料，得到的維管束比例與生物分類階層關係如下。

1. 禾本目禾本科：

包含蒲葦(*Cortaderia selloana*)、芒草(*Miscanthus sp.*)、格蘭馬草(*Bouteloua gracilis*)、小麥(*Triticum sp.*)。

橫切面葉肉組織面積與維管束組織之比例介於 1.49~6.57，

維管束佔葉片橫切面比例為 13.20%~40.33%。

2. 唇形目木樨科：

紫丁香(*Syringa oblata*)、橄欖(*Olea europaea*)。

橫切面葉肉組織面積與維管束組織之比例介於 16.75~22.58

維管束佔葉片橫切面比例為 4.28%~7.89%

3. 杜鵑花目山茶科：

茶葉(*Camellia sinensis*)、山茶花(*Camellia japonica*)

橫切面葉肉組織面積與維管束組織之比例介於 2.57~12.09

維管束佔葉片橫切面比例為 13.52%~28.00%

4. 菊目菊科：

向日葵(*Helianthus annuus*)

橫切面葉肉組織面積與維管束組織之比例 19.46

維管束佔葉片橫切面比例為 7.60%

5. 薔薇目薔薇科：

蘋果(*Malus domestica*)

橫切面葉肉組織面積與維管束組織之比例 6.89

維管束佔葉片橫切面比例為 12.75%

6. 鴨跖草目鴨跖草科：

鴨跖草(*Commelina communis*)

橫切面葉肉組織面積與維管束組織之比例 22.81

維管束佔葉片橫切面比例為 4.24%

7. 天門冬目假葉樹科：

玉竹(*Polygonatum odoratum*)

橫切面葉肉組織面積與維管束組織之比例 7.86

維管束佔葉片橫切面比例為 11.28%

8. 薑目芭蕉科：

香蕉葉(*Musa paradisiaca*)

橫切面葉肉組織面積與維管束組織之比例 9.78

維管束佔葉片橫切面比例為 9.28%

9. 百合目百合科：

百合(*Lilium* sp.)

橫切面葉肉組織面積與維管束組織之比例 13.14

維管束佔葉片橫切面比例為 7.64%

10. 禾本目鳳梨科：

菠蘿(*Ananas comosus*)

橫切面葉肉組織面積與維管束組織之比例 33.52

維管束佔葉片橫切面比例為 2.94%

小結：

比較植物維管束比例與分類階層關係，可以發現除了禾本目禾本科的植物維管束所佔比例都大於 10%，植物類別與植物維管束所佔之比例並無明顯無相關性。

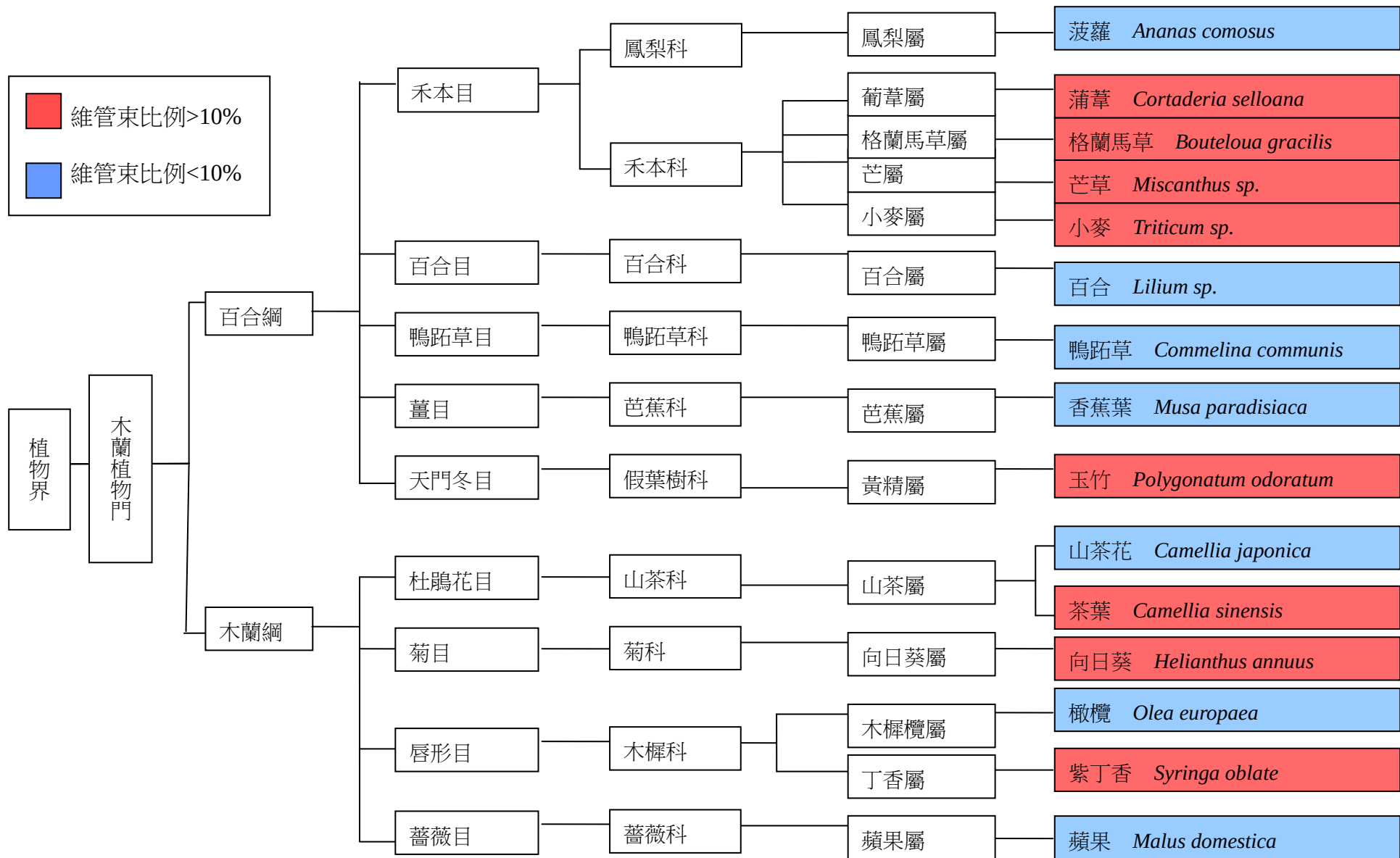


圖 15 植物維管束比例與分類階層關係

二、維管束比例與植物生長環境條件之關係

我們收集各植物物種生存區域之雨量、溫度與地理分布，與植物葉片橫切面之維管束比例進行比較分析，以了解其間相關性，具體研究結果如下(表 2)：

1.雨量：

年雨量 1000mm 以上：

生長的植物種類有紫丁香(*Syringa oblata*)、向日葵(*Helianthus annuus*)、茶葉(*Camellia sinensis*)、香蕉葉(*Musa paradisiaca*)、芒草(*Miscanthus*)、格蘭馬草(*Bouteloua gracilis*)，上述植物之維管束佔葉片橫切面比例介於 2.94~40.33%

年雨量 500~1000mm：

生長的植物種類有菠蘿(*Ananas comosus*)、鴨跖草(*Commelina communis*)、橄欖(*Olea europaea*)、百合(*Lilium*)、蘋果(*Malus domestica*)，上述植物之維管束佔葉片橫切面比例介於 4.24~29.99%

年雨量 500mm 以下：

生長的植物種類有玉竹(*Polygonatum odoratum*)、山茶花(*Camellia japonica*)，上述植物之維管束佔葉片橫切面比例介於 11.28~28.00%

而我們利用 Excel 計算年雨量與維管束所佔比例之相關係數為 0.370，結果呈現為中度相關，由此可知，雨量與植物的維管束比例成中度相關性。

2.年均溫：

年均溫 20°C 以上之植物：

生長的植物種類有向日葵(*Helianthus annuus*)、百合(*Lilium sp.*)、茶葉(*Camellia sinensis*)、香蕉葉(*Musa paradisiaca*)、蒲葦(*Cortaderia selloana*)、芒草(*Miscanthus sp.*)、山茶花(*Camellia japonica*)、菠蘿(*Ananas comosus*)，上述植物之維管束佔葉片橫切面比例介於 4.24~29.99%

年均溫 0~20°C：

生長的植物種類有紫丁香(*Syringa oblata*)、鴨跖草(*Commelina communis*)、橄欖(*Olea europaea*)、玉竹(*Polygonatum odoratum*)、蘋果(*Malus domestica*)、小麥(*Triticum sp.*)、山茶花(*Camellia japonica*)、格蘭馬草(*Bouteloua gracilis*)，上述植物之維管束佔葉片橫切面比例介於 4.28~40.33%

我們利用 Excel 計算年均溫與維管束所佔比例之相關係數為-0.28，為低度相關，由此可知，年均溫與植物的維管束比例較無相關性。

表 2 維管束佔葉片之截面積比例與生存環境因素之關係

研究編碼	植物名稱	維管束佔葉片之截面積比例	雨量			適應力		溫度			氣候分布			光照	
			500mm 以下	500~1000mm	1000mm 以上	耐旱	耐寒	0℃以下	0~20℃	20℃以上	熱帶	溫帶	寒帶	陽性植物	陰性植物
L1	<i>Ananas comosus</i> 菠蘿	2.94%			0	0				0	0			0	
L2	<i>Bouteloua gracilis</i> 格蘭馬草	40.33%			0	0	0		0		0			0	
L3	<i>Lilium sp.</i> 百合	7.64%		0			0		0			0		0	
L4	<i>Miscanthus sp.</i> 芒草	24.47%			0	0	0			0	0			0	
L5	<i>Musa paradisiacal</i> 香蕉葉	9.28%			0	0			0		0				0
L6	<i>Polygonatum odoratum</i> 玉竹	11.28%	0			0	0		0			0		0	
L7	<i>Triticum sp.</i> 小麥	13.2%		0		0	0		0			0		0	
L8	<i>Cortaderia selloana</i> 蒲葦	29.99%		0			0			0	0			0	
L9	<i>Commelina communis</i> 鴨跖草	4.24%		0		0				0	0			0	

研究編碼	植物名稱	維管束佔葉片 之截面積比例	雨量			適應力		溫度			氣候分布			光照	
			500mm 以下	500~1000mm	1000mm 以上	耐旱	耐寒	0℃以下	0~20℃	20℃以上	熱帶	溫帶	寒帶	陽性植物	陰性植物
M1	<i>Camellia sinensis</i> 茶葉	13.52%			0	0				0		0		0	
M2	<i>Olea europaea</i> 橄欖	5.63%		0		0			0			0		0	
M3	<i>Malus domestica</i> 蘋果	6.89%		0		0			0			0		0	
M4	<i>Camellia japonica</i> 山茶花	2.57%	0			0			0		0			0	
M5	<i>Helianthus annuus</i> 向日葵	19.46%			0	0	0			0	0			0	
M6	<i>Syringa oblata</i> 紫丁香	20.61%			0	0			0			0		0	

3.地理分布

位於溫帶區域：

百合(*Lilium sp.*)、橄欖(*Olea europaea*)、玉竹(*Polygonatum odoratum*)、茶葉(*Camellia sinensis*)、蘋果(*Malus domestica*)、小麥(*Triticum sp.*)

位於熱帶區域：

菠蘿(*Ananas comosus*)、鴨跖草(*Commelina communis*)、紫丁香(*Syringa oblata*)、向日葵(*Helianthus annuus*)、芒草(*Miscanthus sp.*)、香蕉葉(*Musa paradisiaca*)、蒲葦(*Cortaderia selloana*)

我們進一步利用 ArcGIS 地理資訊系統取得世界地圖，並標註研究樣品的分布位置，方便觀察不同植物之維管束比例是否與地理分布有關，研究結果如圖 16 所示。圖中的紅點是維管束比例大於 10% 的樣品，藍色為維管束比例小於 10% 的樣品。

我們再利用 Excel 計算地理分布與維管束所佔比例之相關係數，其相關係數為-0.1，結果為低度相關。由此可知，地理分布和與植物的維管束比例較無相關性。

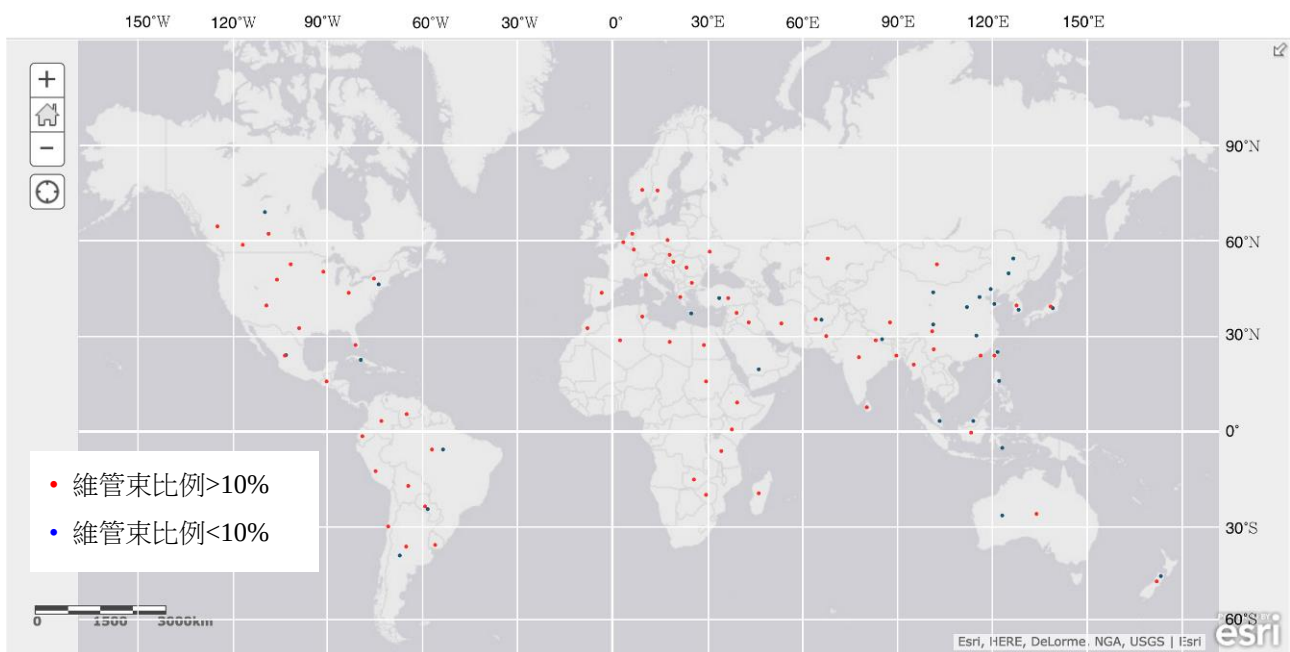


圖 16 植物樣品地理分布圖

4.維管束比例與環境條件的關係

我們利用 ArcGIS 製作年雨量與年均溫的地圖，並且為了方便觀察維管束所占比例與環境條件(雨量、溫度)的關係，將植物生長分布圖與年雨量地圖、年均溫地圖以疊圖的方式來呈現，結果如圖 17、18。

透過各樣品在疊圖上的分布情形，我們可以發現植物樣品的維管束比例與年均溫並無明顯相關。

而在年雨量低於 1000mm 的地區，有 55 個植物樣品(佔植物樣品的 76%)之維管束比例>10%。亦指因為環境雨量較少，大部分植物葉片用來運送物質的維管束比例較大。(表 3)

表 3 維管束所佔比例與環境條件之關係

環境條件		維管束比例<10% 之研究樣品數量	維管束比例>10% 之研究樣品數量
年 雨 量	1000mm 以下	16	55
	1000mm 以上	14	17
年 均 溫	20℃ 以下	16	37
	20℃ 以上	14	35

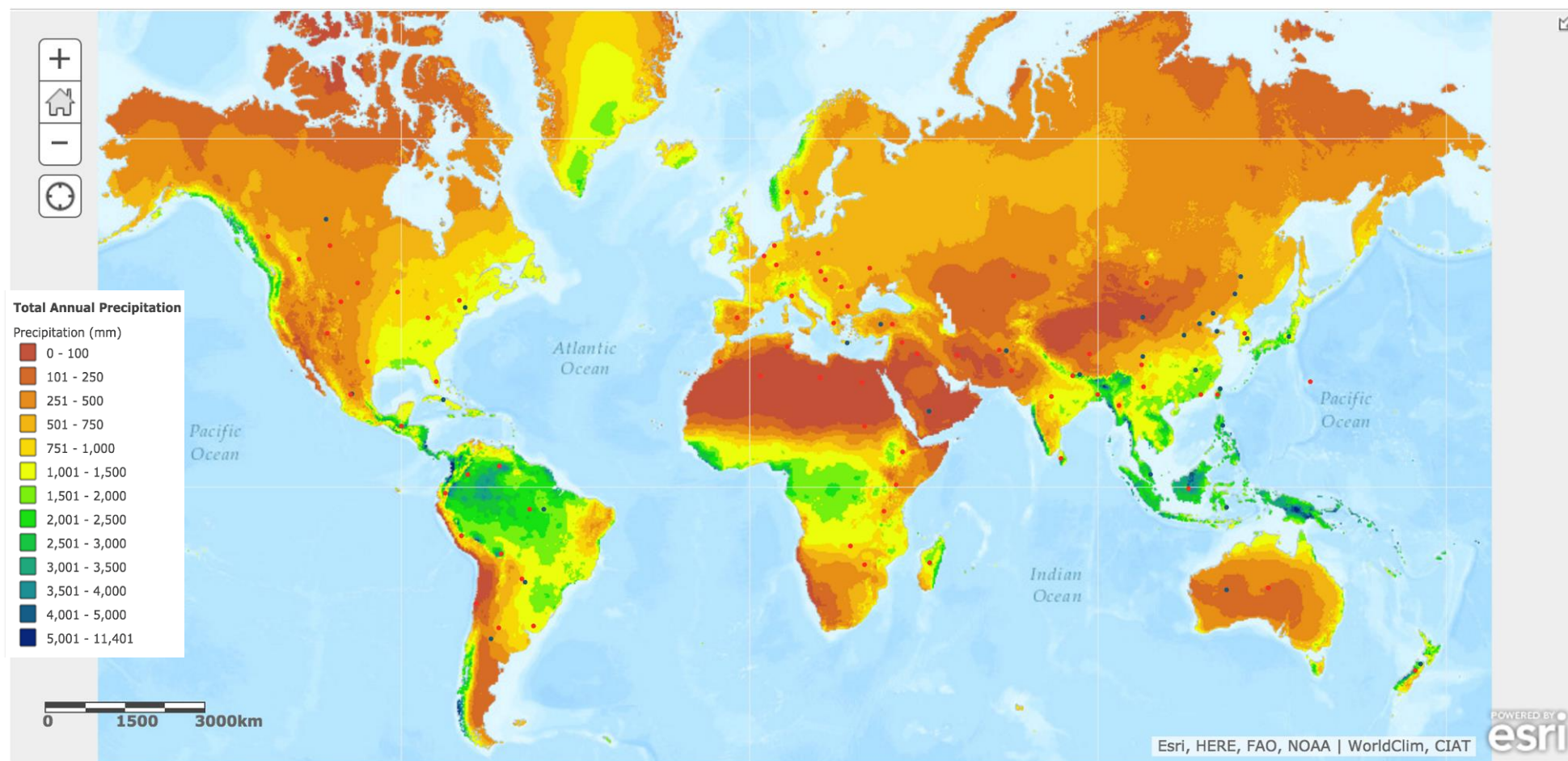


圖 17 植物分布地點與年雨量關係圖

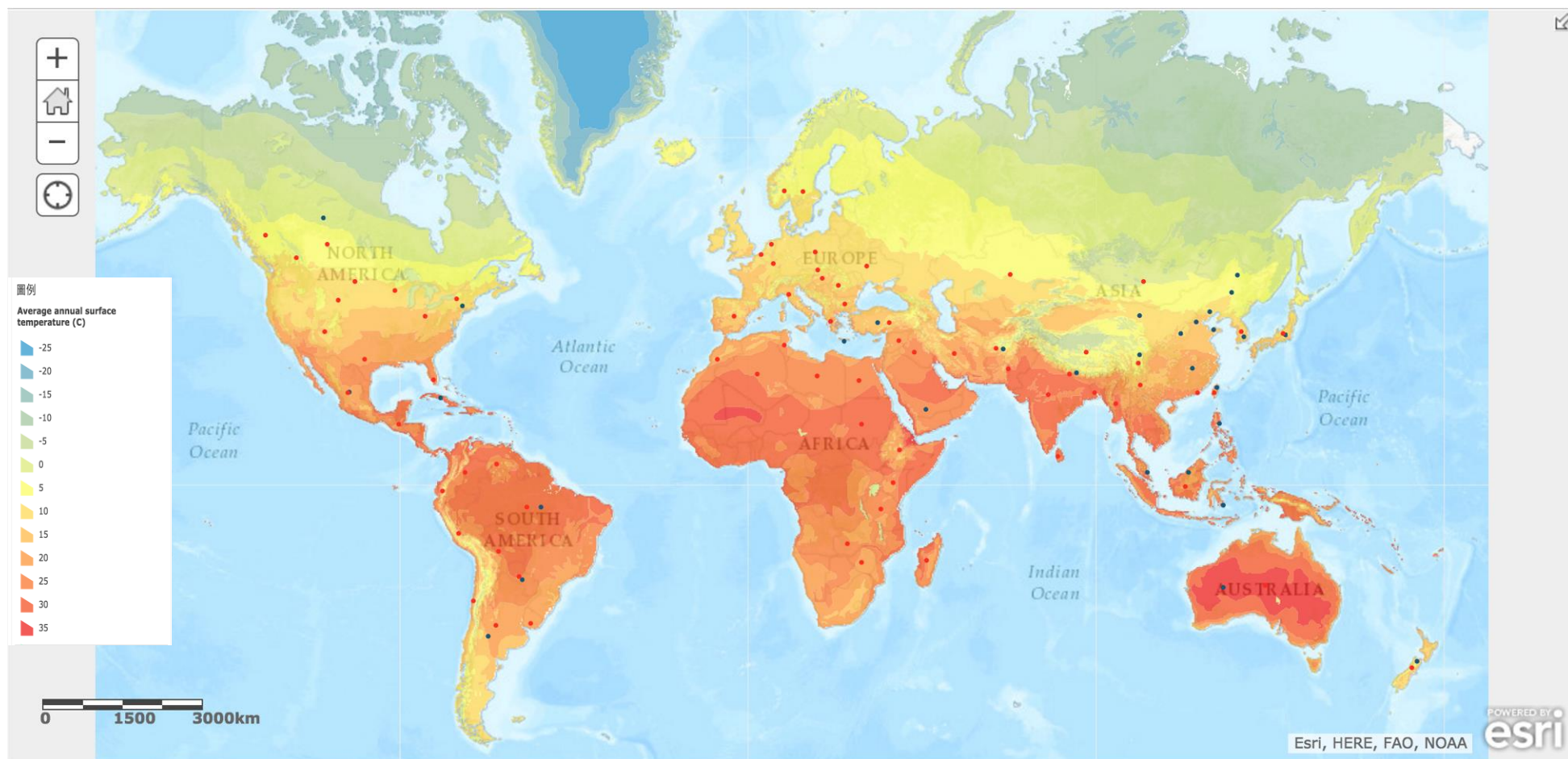


圖 18 植物分布地點與年均溫關係圖

陸、結論與未來展望

一、結論

本研究得到以下幾點重要結論：

- 1.年雨量與植物維管束比例具有相關性，在年雨量低於 1000mm 的地區，有 76%以上的植物樣品其為維管束比例>10%。亦指因為環境雨量較少，大部分植物葉片用來運送物質的維管束較大。而不同類別的植物最後因為年雨量的條件相近，而有著相近的維管束比例，正可用來說明演化理論中的趨同演化。
- 2.年均溫、植物所在之地理分布與植物維管束之比例並無明顯相關性。
- 3.即使是屬於同類別的植物，也會因為生活環境條件的差異，而有不同的維管束比例。

例如，本研究樣品中同屬山茶屬的山茶花 *Camellia japonica* 與茶葉 *Camellia sinensis*，與同屬木樨科的橄欖 *Olea europaea* 與紫丁香 *Syringa oblata*，其維管束比例皆有明顯差異。這亦可做為演化理論中趨異演化的例子。

二、未來展望

- 1.可進一步探討同一種植物樣本，在不同環境條件下生長之葉片，其葉片維管束所佔比例是否有所差異。
- 2.本研究發現植物所處環境之年雨量與其葉片維管束比例存在的顯著關係，想進一步探討與水分息息相關的液泡在植物細胞中所佔比例，是否也會受到植物的生長環境條件影響。
- 3.在研究過程中我們發現，植物細胞大小會因為環境水分充足與否而有所差異，我們想進一步了解，這些細胞的大小變化，是否也影響其細胞壁或細胞膜的厚度。

柒、參考文獻

- 1.王煜凱、施鈺柏、施云岱。(2015)。葉子中的神奇密碼-維管束與相鄰葉肉組織之比例關係。彰化縣第 55 屆國民中小學科學展覽作品。
- 2.莊世滋(2001) 揭開樹木年齡的秘密一年輪，國立自然科學博物館 157 期簡訊。
- 3.田中修、吳佩俞，(2009)，不可思議的葉子-圖解葉子的神奇構造與功能。晨星出版社。

【評語】 030302

1. 本研究收集既存的科學數據與資料，進行歸納與分析，進而推導出科學假說，思考邏輯性良好。
2. 可惜收集的葉切片，背景資料不足，如在何地取材及當地的環境條件為何，以至無法明確支持所提之科學論述。
3. 建議未來可實際栽種相同的植物，而給予不同的灌溉程度，再比較植物生長環境條件對其葉片維管束比例之影響，如此，將更能適切回答所欲探討之科學問題。