

原住民生活世界的科學－泰雅染織

傅麗玉根據 Kearney 的世界觀轉換模式與學習環，發展而成一套以世界觀為基礎的學習模式 WOLF(World-view Oriented Learning Framework)，並以 WOLF 為架構，以原住民傳統文化與生活經驗為主要素材，以泰雅族傳統文化與生活經驗為重心設計教材教法，完成一套 25 單元的科學學習活動。本文以該套學習活動的一個單元-泰雅染織為例，以泰雅族傳統染織文化中的薯榔染料為主要素材。染織是泰雅族非常重要的傳統生活文化，尤其織布技術更是泰雅族最引以為傲的傳統文化。傳統上，泰雅族女子的染織技術必須符合部落長者認定的水準，才能獲得文面的資格；否則將無法找到好的婚姻對象，死後也無法通過彩虹靈橋回到祖靈的世界。泰雅染織的材料均取自於大自然，遵循材料本身的自然變化而使用材料，其中蘊含豐富的自然科學概念。

本文首先討論以 WOLF 的學習模式與理論基礎，其次是薯榔染料相關學習活動之研發方法與歷程，並以 WOLF 為架構，說明整個單元各步驟的主要學習概念、學習活動目標、分段能力指標與學習活動，最後說明學生對於本單元活動的反應。本單元透過文化的素材引導學生學習科學概念，包括：薯榔生態特性、色素在不同酸鹼中的顏色變化、指示劑以及染料化學相關概念。

目前原住民科學教育亟需具有理論基礎的教材教法設計，期望本單元能作為原住民地區中等學校化學教學活動設計的參考，也為一般地區中等學校化學教師提供一種不同文化特色的化學教材教法。另一方面，筆者更期望教師們能以本文所討論的 WOLF 學習模式理論基礎，更進一步以學校所在地的鄉土民俗童玩研發科學教材教法。



圖 1. 薯榔

壹、WOLF：以世界觀為基礎的學習模式及其理論基礎

科學的世界觀是一種根源於個體所處的社會文化中的世界觀，經由對週遭世界（外在物質環境、社會文化行為及文化系統之間交互的動態關係）的「想像」(imagination)所形成，是經由科學理論對個體的世界觀所造成的「想像的效應」(imaginative effect)而形成，更不只是直接將科學知識加諸於個體所造成的。面對自然現象，個體因其所處的社會文化與生活環境所養成的世界觀，進行詮釋並

建立理論，不只是因既有理論、實驗數據或抽象的數學推導。世界觀的轉換是一漸進的過程，不是以另一種世界觀取代原有世界觀，而是個體在接觸到一不同世界觀時，能從中尋求到比其原先持有的世界觀更富有意義的看法，更能滿足個體追求意義的需求，世界觀的轉換才開始產生，個體才逐漸接受新的世界觀(Polanyi, 1975)。

Kearney(1984)引用皮亞傑(Jean Piaget)的認知理論討論個體知覺、認知與世界觀的關係，並以知覺環(Perceptual Cycle) (圖2)說明個體知覺基模(perceptual schemata)、行動(action)與認知圖(cognitive maps)在世界觀所呈現的辯證關係(dialectic relations)，並將此知覺環內部的互動關係置於個體所在的社會文化環境中，形成世界觀動態模型(圖3)。

學習環以皮亞傑的認知發展理論為基礎，自1950年代至今，學習環的三個階段歷經修正而成為圖3所呈現的三個階段：「探索」、「概念介紹」以「及概念應用」，學生在學習過程中，經由探索、概念介紹、概念應用而進行調整(accommodation)與同化(assimilation)的功能，建構新的認知結構。整個學習環過程中，評量與討論不斷持續地與三個階段：探索、概念介紹、概念應用同時進行。知覺環、世界觀動態模型的基本架構均呈現個體在學習環中的三個階段，學習環可視為Kearney知覺環與世界觀動態模型在教材教法上的一種簡化。「世界觀導向之學習模式(World-view Oriented Learning Framework, 簡稱WOLF)」係整合Kearney的知覺環(Perceptual Cycle) (圖2) 世界觀動態模型(如圖3)與學習環(Learning Cycle) (圖4)而成以世界觀為基礎學習活動設計的基本架構如圖5(傅麗玉, 1999b)。

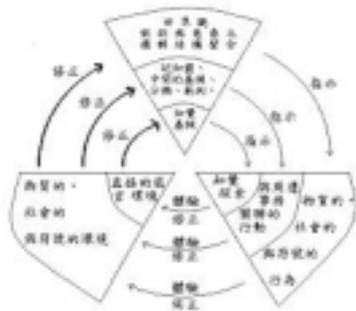


圖2.知覺環(Kearney, 1984, p. 45)

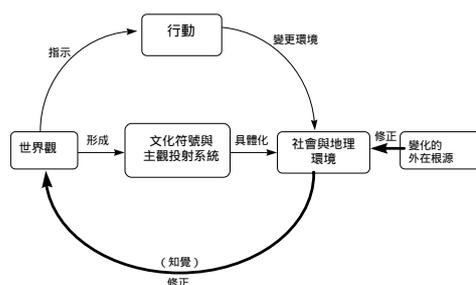


圖3. Kearney之世界觀動態模型(Kearney, 1984, p.120)

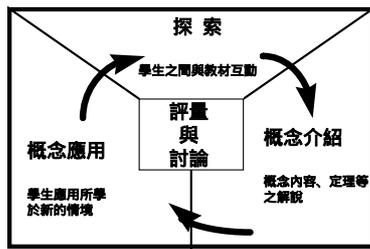


圖4. 學習環示意圖(Barman, 1989, p.23)

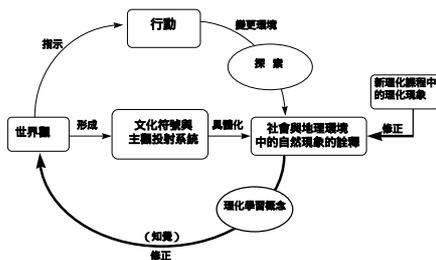


圖5. 世界觀導向之學習模式(WOLF) (傅麗玉, 1999b)

WOLF模式架構(圖5)顯示個體世界觀所形成的文化符號與主觀投射系統，具體顯現在個體對於社會與地理環境中自然現象的詮釋。而個體的世界觀指示(direct)個體探索自然現象的行動與詮釋。當面對與個體社會與地理環境中相關的理化現象時，個體逐漸修正其既有的詮釋而獲得新的理化概念，並以新的理化概念修正其知覺而形成新的世界觀(Fu, 2001)。WOLF模式架構基本教學方法各步驟如下：

- 一、傳承傳統世界觀：教師取材原住民學生生活世界中，與自然科學課程相關之社會文化與地理環境中的自然現象，如童玩或生活中常見的自然變化，邀請老人家到課堂說故事或示範操作，做經驗傳承。呈現傳統的世界觀所形成的文化符碼與主觀投射系統如何詮釋其社會與環境中的自然現象。
- 二、表達自我世界觀：學生與老人家進行對話，說出自己對於老人家的故事或操作的事物提出自己的想法疑問，更進一步瞭解自己與老人家的想法，呈現學生所持的世界觀。
- 三、探索世界觀：學生操作或製作老人家所示範操作的傳統文物或器具，讓學生以既有的世界觀進行探索，學生表現自己既有的詮釋相關自然現象的方法。
- 四、形成新世界觀：教師提供科學課程的相關科學現象與理論的實驗給學生，逐漸導入科學課程中的科學概念，讓學生知覺到既有的詮釋方法發生困難，因而想要修正原先的解釋方法。引導學生知覺不同的世界觀，修正既有的知覺方式，學到相關的科學概念，形成新的世界觀。
- 五、聯結泰雅族的世界觀與科學世界觀：當學生逐漸學到相關的科學概念後，應用新的概念解釋老人家所講的故事或示範的傳統文物所呈現的自然現象，逐

漸在泰雅族的生活世界與科學世界建立關聯。

貳、泰雅染料單元學習活動之研發方法與歷程

本單元之研發方法與歷程如圖6。筆者於1997年開始從世界觀探討原住民科學教學以及原住民文化與科學教育之文獻探討，從泰雅族的口傳文學、歌謠、童玩、祭典儀式或相關的研究文獻。1998年開始進入泰雅族部落進行田野踏查，走訪部落老人家與教育人員，探討泰雅族傳統族群文化的世界觀，蒐集泰雅族人對於日常生活中所見到的自然現象、童玩設計、器具設計的傳統解釋。同時在老人家的指導下學習製作器具與童玩，學習吟唱簡單的傳統歌謠。本單元呈現泰雅族傳統染料薯榔的生態、相關的染布過程以及相關的科學實驗與科學概念。由苗栗縣泰安鄉林寶金先生提供薯榔。根據世界觀理論發展之學習模式，設計學習單元，並以九年一貫課程之「自然與生活科技」領域課程綱要訂定能力指標。選取竹苗地區原住民國中學校，新竹地區一所及苗栗地區一所，每校選取國中二年級班級一班，做為試教對象，邀請部落老人家共同進行試教，根據試教結果修正學習活動之設計。

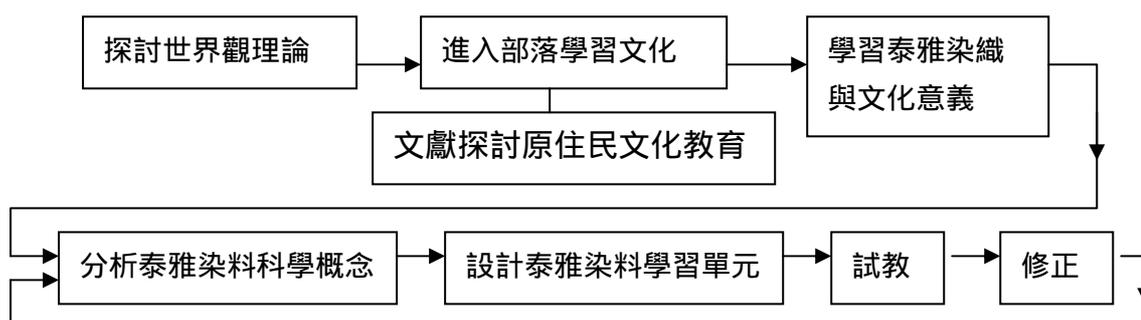


圖6.泰雅染料單元學習活動之研發方法與歷程

參、以 WOLF 為架構的泰雅染料單元學習活動

泰雅族的織布被公認是所有原住民族群之中最優秀的。紡織的材料以苧麻線為主，染料則以部落中可取得的材料，例如薯榔的根莖可將苧麻線染成茶褐色或淡咖啡色。本單元所有學習活動均以分組進行。

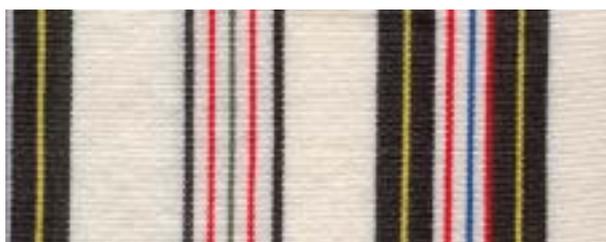


圖 7. 泰安鄉中興村村長夫人織的布



圖 8. 苧麻線

一、傳承傳統世界觀

(一) 主要學習概念、學習活動目標與分段能力指標

1. 主要學習概念

- (1) 薯榔、苧麻、紅色、白色以及織布相關器具的泰雅族語。
- (2) 織布在泰雅族的禁忌與文化意義。
- (3) 薯榔與泰雅族的生活文化。

2. 學習活動目標

- (1) 能說出薯榔、苧麻、紅色、白色以及織布相關器具的泰雅族語。
- (2) 能說出織布相關的泰雅族禁忌與文化意義。
- (3) 能說出薯榔與泰雅族傳統生活的關係。

3. 分段能力指標：1-4-5-5、3-4-0-2

(二) 學習活動

1. 老人家說織布與薯榔的故事

苧麻是泰雅族最主要的傳統織布材料，苧麻的泰雅族語為 nuka 或 kagi。薯榔則是非常重要的染布原料，通常在山上就可以挖到。薯榔的泰雅族語是 qmaci 或 kamagas。與現在比較，過去薯榔數量很多，很容易找到。根據老人家的說法，男人出外將薯榔採收回家交由婦女處理。通常以打那（刺蔥）刷去薯榔表皮與污垢，將薯榔置於木臼中搗碎產生汁液，將苧麻線浸在其中約一天一夜即可染成色線。

一般泰雅族人喜歡紅、黑、藍等顏色，因為惡靈最怕紅色，因此泰雅族人喜歡用薯榔染出紅色，織成紅色菱紋衣服，具有驅趕惡靈的力量。而太魯閣地區的德魯固族群則以白色為底搭配小菱形的織紋。菱形織紋在泰雅族語是「眼睛」的意思，意味者祖靈時時刻刻注視著我們。



圖 9.德魯固族群服裝以白色為底搭配菱形織紋

以前泰雅族女孩子學習織布，從種麻、整經、上架到織成布，每一步驟都必須熟練。依泰雅族的習俗，女子以學會紡織為成人之條件，而且必須能織出色彩美麗的布，才能得到族人的認同，才有資格得到文面的榮耀。織布技術特別好

的，可以在胸、手、足、額紋為榮耀的表徵。沒有紋面的女孩子可能嫁不出去，死了以後也無法通過彩虹橋進入泰雅祖靈的地方。會織布的婦女死後到了彩虹靈橋的橋頭，如果她能讓織布機發聲，讓織布的祖靈聽到，祖靈就接她平安地通過彩虹靈橋。因此，泰雅族的婦女活著的時候一定要努力學會織布。曾經獵到頭的勇士死後，祖靈會在橋頭等他來洗手。如果能洗出血水的話，才能證明是真正的勇士，才可以順利通過靈橋，否則就會被趕走（古野清人，2000）。關於織布，傳統泰雅族有一些禁忌，例如，男人不能種麻，否則麻會長不大，出外打獵時也會發生危險。不可以在屋子裡剝麻，否則人畜外出會遭意外傷害。



圖 10. 傅老師與泰安鄉的文面老人



圖 11. 織布的老人家銅像

過去原住民以野生或自家栽種的苧麻為織布材料，後因與漢人、荷欄人、日人交易，開始採用棉、毛等色線。水平背帶機（又稱腰式水平織機）是一種有背帶置於織者背部以拉直經線的移動式水平織布機，配合使用的工具包括：經捲、綜統棒、繫經棒、隔棒、刀狀打棒、布夾等。首先要處理麻線，將苧麻去葉，剝苧麻的莖皮，剝苧麻取絲、沖洗曬乾，進行績麻，將短麻纖維績在一起（圖 12）。進行紡線，用紡垂將線變得更堅固光滑（圖 13）。接著進行煮線，將麻線放在盛有冷水和火灰的鐵鍋內，大約煮二小時，除去麻線污垢雜質使其變白。如需染色，則將白麻線與薯榔汁、灰汁以及搗爛的球根混合加熱即染成茶褐色、黑色、赭色。完成煮線步驟後，晾於戶外經雨水沖刷雜質，陽光曬乾為止，但經過染色的線則必須陰乾，不可直接日曬以免褪色。為使苧麻線變得更光滑柔軟，必須將煮過曬乾的線與小米細糠混合放入木臼舂打，使米糠的油質被苧麻線吸收（圖 16）。然後把線條整理成長度相等且互相關連之線組（圖 17），並使用整經架，將經線依序排好，這步驟稱為理經（圖 18）。然後將整經架之經線移到織機上，將緯線纏繞到梭子。織布的技巧有：平織、斜紋織、夾織（以白色麻線為經線，用不同色線夾織成三角形、菱形紋、方格紋、Z 形紋、幾何形紋等）（圖 19）（鐵米拿葳依，2000；李亦園等，1997）。



圖 12. 績麻



圖 13. 紡線



圖 14. 煮線



圖 15. 曬線



圖 16. 舂線



圖 17. 盤線



圖 18. 理經



圖 19. 織布

2. 思考與討論問題

- (1) 泰雅族傳統的織布材料來源為何？如何取得？
- (2) 關於織布，泰雅族有哪些傳統禁忌？
- (3) 泰雅族處理苧麻線的過程中，如何除去麻線上的污垢？為什麼？
- (4) 經過染色的線，為什麼必須避免陽光直接曬？

(5) 為什麼之不前，必須將苧麻與小米細糠混合舂打？

二、表達自我世界觀

(一) 主要學習概念、學習活動目標與分段能力指標

1. 主要學習概念

- (1) 不同部落染苧麻線的方法
- (2) 能和老人家討論傳統泰雅族染布料的方法。

2. 學習活動目標

- (1) 能與他人分享討論織布與染布的經驗
- (2) 能說出自己所知道的其他傳統染料與薯榔
- (3) 能對於他人的看法提出問題
- (4) 能進一步詮釋泰雅族傳統織布與染布的文化禁忌

3. 分段能力指標：5-4-1-2、6-4-2-2、6-4-4-1、8-4-0-2

(二) 學習活動

1. 共同討論所知道的織布與染料的禁忌

當聽過老人家的故事，教師與老人家引導學生進行小組討論，並分組上台報告討論的結果。

2. 思考與討論問題

- (1) 從老人家染布的經驗中可以看到泰雅族祖先的哪些生活智慧？
- (2) 泰雅族祖先如何與大自然相處？

三、探索世界觀

(一) 主要學習概念、學習活動目標與分段能力指標

1. 主要學習概念

- (1) 薯榔的生長環境與外觀
- (2) 植物染的基本方法
- (3) 萃取植物色素的基本方法
- (4) 不同植物色素在空氣中的顏色變化
- (5) 植物色素的不同用途
- (6) 不同文化的染料植物
- (7) 染料在不同材質的布料所呈現的顏色變化

2. 學習活動目標

- (1) 能說出如何在生活地理環境中的找到薯榔。

- (2) 能以圖像、文字或口語描述薯榔的外觀與生長特性。
- (3) 能操作薯榔染布的整體過程並完成一植物染成品如方巾等
- (4) 能以口語或文字發表染色的成果
- (5) 能欣賞自己與他人的染布成品並給予讚美
- (6) 能分辨不同布料對植物色素染色效果（耐光、耐水洗、耐乾洗）
- (7) 能比較並說出不同文化族群的染料植物

3. 分段能力指標：2-4-2-2、2-4-5-1、4-3-2-1

(二) 學習活動

1. 觀察薯榔

在老人家的引導下，教師帶領學生前往薯榔生長地，觀察薯榔的生長環境，以及薯榔植株各部位的外觀（圖 20、21）。提示學生將觀察結果紀錄並繪圖。



圖 20. 整株薯榔、葉部與根莖的外觀



圖 21. 剛切開薯榔的根莖呈淡紅色，一段時間後，變深紅色

2. 練習以傳統的泰雅族染料-薯榔染布

在老人家與教師的指導下，學生以小組為單位，開始進行染布，並觀察薯榔染料在不同材質的布料所呈現的顏色變化。用薯榔染布料的方法如下：

- (1) 薯榔 1 公斤、布料 1 公斤（通常用薯榔染布，薯榔和布料的重量比是 1:1）。
- (2) 天然布料，如棉布、蠶絲布或麻布。先以沸騰清水煮過晾乾，以除去布料本身的雜質（圖 23）。



圖 23.以煮沸清水煉布

- (3) 將薯榔表皮洗刷乾淨，去皮切片放入清水中將表面的灰塵或雜質洗掉。
- (4) 將洗乾淨的薯榔放入清水中浸泡 10-15 分鐘（清水的量大約是 13 公斤）。
- (5) 泡在清水中的薯榔和水（亦可以果汁機打碎）一起放入鍋中，在爐火上加熱，煮 20 分鐘至沸騰後，再煮 15 分鐘，取出液體部分（第一次萃取液）。
- (6) 清水 13 公升到鍋中，和煮過的薯榔一起，在爐火上加熱，煮 20 分鐘至沸騰之後，再繼續煮 15 分鐘，取出液體部分（第二次萃取液）。
- (7) 加清水 13 公升於鍋中，與煮過的薯榔混合，煮 20 分鐘至沸騰後，再繼續煮 15 分鐘，取出液體部分（第三次萃取液）（圖 24）。



圖 24. 準備染布

- (8) 將三次的萃取液混在一起，靜置 2 小時冷卻至室溫。
- (9) 將布料放入冷卻的萃取液中，浸泡 10-15 分鐘後開始加熱，以中火煮 20 分鐘，再煮 20 分鐘，然後關火，靜置冷卻至室溫（圖 25）。



圖 25. 開始染布

- (10) 取出布料，清洗晾乾（圖 26）。



圖 26. 薯榔根莖汁液綁染成的大型棉布

3. 不同植物染料

薯榔染成的布料，相當耐水洗。薯榔染的蠶絲布經過日曬也不易褪色，但薯榔染的棉布與麻布經過日曬後，較容易褪色(陳松泰和黃淑真, 2000)(圖 27、28)。過去中國沿海與台灣，曾有人用薯榔染絹布，稱為「香雲紗」(陳松泰和黃淑真, 2000)。在台灣北部的平溪鎮有兩個地名薯榔寮、薯榔尖。「寮」指的是採收作物的存放地點，當地過去可能曾經大量種植薯榔。

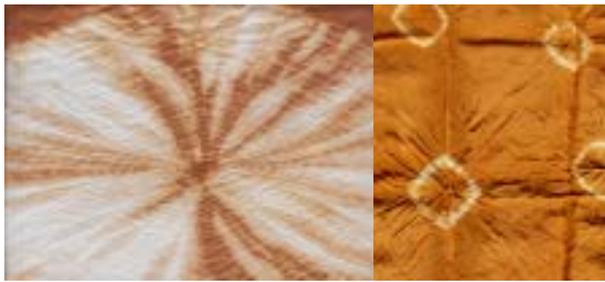


圖 27. 薯榔汁綁染成的蠶絲巾

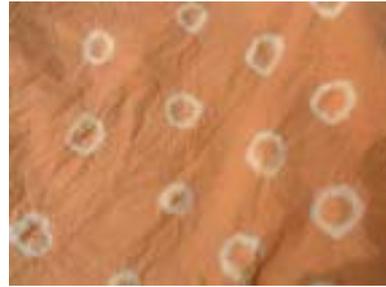


圖 28. 薯榔汁綁染成的棉布

1999 年台灣發生 921 大地震，中寮地區有一群媽媽們在經歷家園被毀，失去親友的悲傷中，勇敢努力地站起來，學習植物染，她們利用中寮當地的各種植物將布料染成千變萬化的顏色，做成胸花、絲巾以及其他各種服飾品。

任何植物都含有色素，植物色素分佈於植物的各個部位，一種植物可能含有不同種類的色素。台灣可以取得的植物染料種類很多，除了薯榔以外，常見的芭蕉汁、荔枝葉、荔枝殼、相思樹皮、洋蔥皮、芒果樹皮與葉、石榴果皮、梅樹樹枝，甚至地瓜葉都可以做染料(圖 29、30、31)。而且同一種植物可以染成的顏色，隨著過程中受到不同因素的影響，又變化出不同顏色。同一種植物染料因布料材質、加入的染媒劑等各種因素而染成不同色調。圖 32 由中寮植物染製的四朵玫瑰胸花都是用地瓜葉染絲布，卻出現不同的顏色。圖 33 由中寮植物染製作的兩條絲巾都是用洋蔥皮染的，卻出現不同的顏色。通常植物染的布料以天然纖維的染色效果最好，像棉、麻、蠶絲等。其中以蠶絲的效果最好，棉的效果最差。植物染的布料在使用一段時間後，色澤會更美，尤其是兩年後，色澤最美(陳碧棠, 2001)。



圖 29. 蕃薯葉萃取的染汁



圖 30. 以蕃薯葉染汁染布

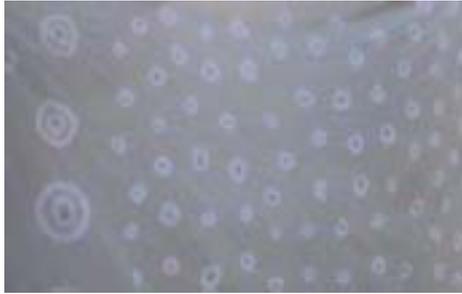


圖 31. 蕃薯葉汁綁染成的棉布



圖 32. 蕃薯葉染成的蠶絲布花



圖 33. 洋蔥皮染成的蠶絲巾

根據記載，最早的染料可以追溯到四千六百年前的中國。而歷史最久的染料應該是來自茜草跟部的茜素。天然植物色素中，葉綠素最為普遍且遮蓋力最強，因此一般植物的葉子以綠色最多，只有當秋天葉綠素分解後，才會顯現樹葉中黃紅色的色素。植物染成的顏色以棕色、褐色或淡黃居多，紅色、黃色甚至藍色、紫色則較少。自古以來，最貴的染料應該是紫色的染料，因此在不同地區，只有王宮貴族才穿得起紫色的衣料（何子樂，2000）。

通常人們都是就地取材，因此染料的選擇與當地植物種類關係密切，也充分反應當地的人文與生態風貌，因此世界上有成千上萬可作為染料的植物（圖 34）例如美國原住民採用玉米殼、洋蔥皮等當地盛產的植物做染料（圖 35、36、37）。



圖 34. 不同植物染料如檳榔心、紫草、山枝子、蓮蓬、黃柏片、紅花



圖 35. 美國的原住民也用植物做染料



圖 36. 美國原住民的織布方式



圖 37. 瑪雅人織布的情形

4. 思考與討論問題

- (1) 同樣是地瓜葉染出來的絲布，有哪些不同的顏色？黃色、灰色還有粉紫色？
- (2) 薯榔的整體外觀如何？

- (3) 剛採收的薯榔根莖與採收後較久的薯榔根莖有何不同？
- (4) 薯榔根莖的切面在空氣中有何變化？為什麼？
- (5) 薯榔切片後，為什麼要先在水中浸泡一段時間後才開始加熱？
- (6) 不同地區植物染的選擇，主要決定因素為何？為什麼？
- (7) 植物染所染成的顏色受到哪些因素影響？

四、形成新世界觀

(一) 主要學習概念、學習活動目標與分段能力指標

1. 主要學習概念

- (1) 萃取植物色素的不同方法
- (2) 層析法分離植物色素的原理
- (3) 植物色素在不同酸鹼溶液顏色變化
- (4) 酸鹼指示劑與植物色素變化之間的關係
- (5) 酸鹼指示劑的基本原理
- (6) pH 值定義與酸鹼程度之間的關係
- (7) 植物色素變色範圍概念與其適用的酸鹼 pH 值之間的關係

2. 學習活動目標

- (1) 能說出薯榔汁液在不同酸鹼度溶液的顏色變化
- (2) 能操作萃取植物色素的方法
- (3) 能操作濾紙色層分析法並說明分離的色素至少有幾種

3. 分段能力指標：2-4-1-1、2-4-2-1、2-4-5-1、2-4-5-5、2-4-8-3、4-3-2-1、7-4-0-1、7-4-0-5、7-4-0-6

(二) 學習活動

1. 薯榔的色素

(1) 薯榔的顏色

薯榔的根莖切面原本是淡紅色，遇到空氣很快變成深紅色（圖 38）。嘗試以薯榔切片在白紙上塗寫，觀察所寫出的顏色。



圖 38. 觀察薯榔，薯榔的根莖切面遇空氣變成深紅色

(2) 萃取與層析薯榔色素

取 50g 薯榔洗淨去皮，切成細片片放入清水中將表面的灰塵或其他的東西洗掉。將洗乾淨的薯榔放入研鉢研磨成汁液（圖 39）。取出液體部分（薯榔萃取液）。將一張濾紙平放在燒杯口上，用滴管吸取萃取液一滴，滴在濾紙的中心，待吸收後，再滴一次，如此重複數次，觀察濾紙上的顏色變化層次。



圖 39. 薯榔切片，放入研鉢磨成汁液並倒入燒杯中



圖 40. 以濾紙色層分析法分析薯榔汁的色素有幾種

2. 色素與酸鹼的關係

(1) 薯榔色素在不同酸鹼中的變化

準備 14 支小試管，各放入不同濃度的 HCl 水溶液與 NaOH 水溶液約 5ml，從 PH 值 1 到 PH 值 14（教師於課前預先配置）。在每一支試管中各加入 5 滴薯榔萃取液，搖動試管，使試管內液體均勻混合。觀察各試管顏色變化。並注意觀察在哪兩支試管之間顏色有明顯差異（圖 41、42、43）。



圖 41. 在實驗室中製作薯榔根莖的萃取液



圖 42. 在不同的酸鹼中薯榔汁液的顏色變化



圖 43. 薯榔根莖的汁液在不同酸鹼度的顏色變化 (pH=1 至 Ph=14)

(2) 其他植物色素萃取、層析以及在不同酸鹼中的變化

採用紅鳳菜葉與地瓜葉依上列步驟操作，比較不同植物的色素的性質，並注意觀察同一植物萃取液試管之間，何者有明顯的顏色差異（圖 44、45、46）。教師可以在市場上買到紅鳳菜，但是摘下葉片後的莖部切勿丟棄，可以插在土中（花盆）繼續成長，供下次實驗使用。地瓜葉亦可在市場購得，但可以地瓜根莖自行栽種，繁殖地瓜葉。



圖 44. 紅鳳菜與剛煮好的紅鳳菜汁

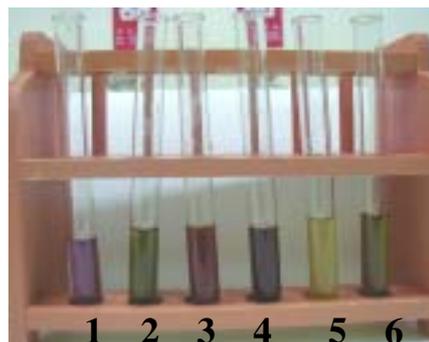
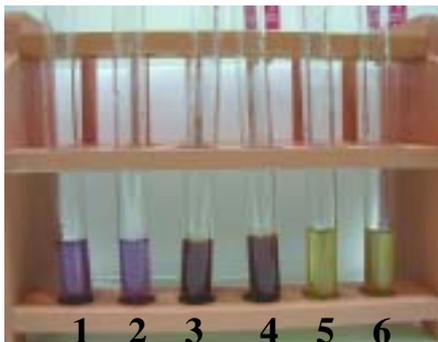


圖 45. 紅鳳菜、薯榔與蕃薯葉汁液 圖 46. 紅鳳菜、薯榔與蕃薯葉汁液在酸鹼中

3. 紅鳳菜色素疊疊樂

在試管中加入大約 10cc 的紅鳳菜汁，滴入數滴 0.1M 的 NaOH 溶液，觀察試管內紅鳳菜汁的顏色變化，然後加入數滴 0.1M 的 HCl 溶液，觀察紅鳳菜汁的顏色變化。如此交錯滴入酸與鹼，可以發現顏色層次（圖 47、48）。

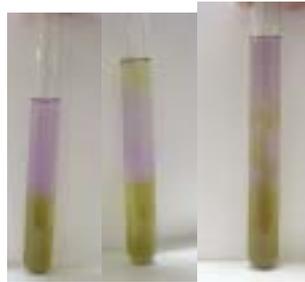


圖 47. 在紅鳳菜中輪流加入酸鹼 圖 48. 試管中的紅鳳菜出現顏色層次

4. 思考與討論問題

- (1) 為什麼濾紙色層分析法可以初步判別植物萃取液所含的色素種類？
- (2) pH 值大小與所代表的酸鹼濃度大小的關係為何？
- (3) 分別找出紅鳳菜、蕃薯葉以及薯榔萃取液的顏色與所對應的 pH 關係。
- (4) 分別說明紅鳳菜、蕃薯葉以及薯榔萃取液明顯的顏色變化是在哪兩支試管（pH 值）之間？

五、聯結泰雅族世界觀與科學世界觀

(一) 主要學習概念、學習活動目標與分段能力指標

1. 主要學習概念

- (1) 色素的基本性質
- (2) 薯榔所含單寧的基本性質
- (3) 能說明 pH 值的定義及其數值大小所代表的酸鹼程度
- (4) 能利用植物色素變化製作指示劑
- (5) 由不同植物色素在不同酸鹼溶液中的變色，決定植物色素的變色範圍

2. 學習活動目標

- (1) 能說出 pH 值的定義
- (2) 能由不同植物色素在酸鹼中的顏色變化，指出不同色素變色的酸鹼範圍
- (3) 能說出 pH 值所對應的酸鹼濃度大小
- (4) 能說出薯榔的生態特性與單寧成分性質

3. 分段能力指標：2-4-2-2、2-4-4-2、7-4-0-2、7-4-0-3、7-4-0-3

(二) 學習活動

1. pH 值與染布

pH 值也稱為酸鹼值，pH 值大小代表酸鹼的強度，中性溶液的 pH 值為 7，pH 值 1 至 7 之間屬於酸性範圍，而 pH 值 7 至 14 之間屬於鹼性範圍，pH 值越大鹼性愈強，pH 值越小酸性愈強。pH 值相差 1，酸鹼濃度相差 10 倍。pH 值相差 2，酸鹼濃度相差 100 倍。純水的 pH 值為 7，牛奶的 pH 值略小於 7，純檸檬汁的 pH 值大約是 4。

染布過程中必須注意 pH 值大小，pH 值控制不當將影響染布效果。pH 值大可除去天然布料上的雜質，但是若 pH 值太高會使布料變得粗造。以前泰雅族老祖先將白麻線與薯榔汁與灰汁一起混合進行染色，灰汁具有鹼性的效果。炭灰加水煮成鹼性的溶液，可以去油污。以前的人，沒有洗碗精，就利用火爐中留下的炭灰或草木灰，刷洗油膩的鍋子碗筷。用竹子燒成的竹炭可以用來做燃料，也可以用來作為土壤的改良劑。「鹼」的英文字 alkali 是從阿拉伯文「植物的灰燼」演變過來的。因為以草木燒成的草木灰含有鹼性的碳酸鉀 (K_2CO_3)，也稱「草鹼」，溶到水中呈現鹼性反應，使紅色石蕊試紙變成藍色。

2. 色素特性與酸鹼指示劑

教師展示紅鳳菜、蕃薯葉以及薯榔汁在不同 pH 值 (1-14) 酸鹼溶液中的顏色。引導學生分組進行實驗，以石蕊試紙、廣用指示劑、酚太分別加入不同 pH 值 (1-14) 酸鹼溶液中，觀察並在表 1 打勾紀錄同一種色素在哪兩支試管之間顏色有明顯差異。

表 1. 同一種色素在哪兩支試管之間顏色有明顯差異之檢核表

PH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
紅鳳菜														
蕃薯葉														
薯榔汁														
石蕊試紙														
廣用指示劑														
酚太														

色素(pigment)是形成色彩的化合物，吸收可光譜範圍(波長 400-800nm)之內的光，不同的色素因本身特殊的化學結構，而以獨特的形式呈現色彩。植物汁液容易取出且在酸鹼中有不同顏色變化，用丙酮溶液研磨植物即可萃取色素。不同植物色素在不同 pH 值酸鹼溶液中變色的情況不同，變色範圍不明顯的色素無助於判別溶液的酸鹼，不適合作為酸鹼指示劑。

3. 薯榔的生態

教師展示薯榔實體並解說薯榔生態與特性。薯榔的生物學名為 *Dioscorea rhipogonioides* Oliv，葉對生三出脈。生物學分類上，屬於薯蕷科多年的草本植

物，根莖肥大，外觀與蕃薯極為相似。薯榔果實具有洗滌效果可當肥皂。薯榔的根莖含有單寧(Tannin) (分子式： $C_{14}H_{10}O_9$ 或 $C_{14}H_{10}O_9 \cdot H_{10}O_9$)。液態的單寧有焦糖味，在空氣中呈現暗紅色，易溶於水呈現弱酸反應。因此，薯榔煮染過程中會產生類似燒焦的甜味。西元 1856 年人工染料也就是俗稱的化學染料於英國發明生產，天然染料即日漸沒落。但是百年來，人類也逐漸發現多數人工染料極可能導致癌症，且現代的染色技術經常在染色過程中因為藥物而造成水質污染與人體皮膚的傷害。經由深入研究，可以使傳統的染料有進一步的科學化理論與管理。植物染的技術仍然值得開發。

以前用薯榔汁染漁網、網繩、帆布及其他的紡織品。因為以前的漁網是以棉繩編織，經過海水浸泡，陽光日曬，很容易損壞，最多只有十年壽命；而經薯榔汁染過的漁網甚至可用三十年。常聽到的植物中，還有些和薯榔一樣含有單寧成分而且可以用來做染料的植物。例如，淡水河捷運站附近或是新竹縣新豐的紅樹林，它的樹皮含有豐富的單寧，單寧在空氣中會變成紅色，因此被命名為紅樹林。

此外，還有一種名叫鹽敷木的植物也含有單寧，泰雅族語稱為「gbaling」，以前原住民老人家用它當作煮菜用的鹽巴。香蕉皮也含有單寧，用香蕉皮擦皮鞋，可以擦掉鞋面的油污。柿子、李子等水果未成熟時，由於細胞液中含有較多的單寧，因而產生澀味，但果實逐漸成熟時，單寧逐漸減少，果實澀味亦隨之減少。在泰安鄉和尖石鄉出產的甜柿未成熟時，含有較多的單寧，吃起來味道澀澀的，經過一段時間氧化後，單寧減少，澀味消失，柿子也變得更紅(圖 49、50)。



圖 49. 未熟的甜柿



圖 50. 成熟的甜柿

近年來有關特定文化族群傳統常用植物的研究逐漸受到重視，這種研究領域稱為民俗植物學(ethnobotany)。經由民俗植物學的研究，可為人類拓展更多不為西方科技所瞭解的植物知識與應用，但也應建立鑑定與保障傳統知識的智慧財產權利的制度與法律。例如 1995 年美國通過薑黃治療口的專利，但因為薑黃在印度早已是傳統藥用植物，最後在印度的抗議下，取消薑黃的藥用專利。類似的情況也發生在其他地區原住民的傳統植物(蔡中涵，2000)。傳統泰雅族居住在山區，植物種類不計其數，從世世代代祖先生活經驗中，逐漸翻展出一套植物的生活智慧。薯榔染色只是其中一小部分，其他尚有許多的植物智慧需要進一步研究開發。

4. 思考與討論問題

(1) pH 值的大小所代表的酸鹼大小為何？

- (2) 可作為酸鹼指示劑的植物色素，必須具備哪些特性？
- (3) 由紅鳳菜、蕃薯葉以及薯榔萃取液的顏色與所對應的 pH 關係，以及其明顯的顏色變化是在哪兩支試管 (pH 值) 之間，找出各個植物色素的變色酸鹼範圍。
- (4) 比較紅鳳菜、蕃薯葉以及薯榔萃取液色素的變色酸鹼範圍，哪一種最適合做酸鹼指示劑？

肆、學生對泰雅染料單元的反應

由於長久以來傳統文化被忽略，老人家的經驗難以在部落中傳承，參與本單元試教的泰雅族學生都不曾聽過薯榔，更是不曾見過，雖然有些學生曾經聽老人家說過有一種染色的植物叫做 gmaci(薯榔的泰雅族語)。當學生第一次在課堂見到筆者所展示的薯榔根莖時，他們認為是「蕃薯」。學生對於老人家所分享的經驗故事與相關禁忌雖然質疑，但是卻很有興趣聆聽。

學生對於生活環境中的植物有著濃厚的親切感，而且因為熟悉地形路線，都非常主動自願協助教師採集染料植物。甚至部落的族人也主動幫忙採集染色植物。對於所熟悉的植物如紅鳳菜、地瓜葉的色素竟然在酸鹼溶液中所產生的顏色變化都感到十分好奇而興奮。尤其在紅鳳菜汁疊疊樂的實驗中，所有的學生都全神貫注不斷地嘗試如何滴出最多層次，並且時時互相討論「絕招」。在所有試教的班級中，該實驗的最高紀錄是七層。

與紅鳳菜汁疊疊樂的實驗相比，染布活動在一開始學生的反應不算熱烈，有些學生似乎不太有感覺，但當筆者展示筆者自己的作品後，學生開始想要知道筆者是如何染成的。整個等待煮染的過程中，學生對於自己的作品非常期待，因而不斷地提出與薯榔染料相關的問題。於是整個學習活動自然地進入「形成新世界觀」與「聯結泰雅族的世界觀與科學世界觀」。學生逐步從生活文化中的植物色素在酸鹼中的顏色變化現象，建構「指示劑」、「酸鹼與 pH 值」與「變色範圍」的概念。最後有些學生還提出混合不同植物色素製造更有用的酸鹼指示劑的構想。

伍、結論

科學不是自然存在的知識，而是人為創造的知識，源自於心智。因此，科學學習過程應該從生活世界開始，學校的課堂教學應該提供環境，讓個體在生活的情境中面對問題，讓個體與他人進行互動。個體面對問題時，對於問題的想法受到個體世界觀的影響，很自然地以生活中敘事 (narrative) 的形式表達對於問題的看法。在科學發展的過程中，科學家也經常透過這種敘事的方式詮釋個人對自己所創造的理論。一方面釐清自己對理論的基本想法，另一方面幫助他人以自然而簡單的方式理解所創造的理論 (Bruner, 1996)。在本單元中，學生在生活文

化的情境中，從老人家的故事、植物採集以及操作染布的過程中彼此互動的經驗，逐步建構酸鹼與指示劑的相關概念。

本單元於完成試教後，曾多次應用於不同科學活動，包括科學園遊會、職前資培育課程、縣市級「自然與生活科技」領域在職教師研習活動，獲得教師肯定。此外，亦納入當地原住民部落之文化產業活動，發揮經濟效益。本單元可以應用於九年一貫課程之「自然與生活科技」領域，同時可與「藝術與人文」領域教師進行跨領域協同教學。



圖 51. 部落族人一起學薯榔染布



圖 52. 教師研習的薯榔染布活動

參考資料

古野清人原著，葉婉奇翻譯（2000）：**台灣原住民的祭儀生活**。台北市：原民文化事業有限公司。

何子樂（2000）。染料傳奇。**科學月刊**，31（2），154-163。

李亦園、石磊、阮昌銳和楊福發（1997）。**南澳的泰雅人：民族學田野調查與研究**。南港：中央研究院。

馬芬妹（1999）。青出於藍-台灣藍染技術系譜與藍染工藝之美。南投：台灣省手工業研究所。

陳千惠（2002）。**台灣植物染**。台北：大樹文化事業股份有限公司。

陳松泰和黃淑真（2000）植物染色及其耐光耐水洗性之研究（一）：福木、薯榔、柚木。**台灣工藝**，3，47-64。

陳碧棠（2001）**台灣植物染料**。染化資訊(<http://www.fibronet.com.tw/text/color.html>)

趙婉如（2000）。**民俗植物：從先民的生活中認識台灣本土植物**。台北市：行政院農業委員會。

劉道廣（1999）。大陸藍染業的憂思。**台灣工藝**，6，28-43。

蔡中涵（2000）。**生物多樣性與台灣原住民發展**。台北：財團法人原住民文教基金會。

鐵米拿葳依編著（2000）。**泰雅賽德克傳統織布文化**。鐵米拿葳依。

Bruner, J. (1996). *The culture of education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Fu, L. Y. (2001). Playing with science at the foot of Mountain Papak-Waqa: a set of

science learning activities for Atayal Students in Taiwan. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching (**NARST**) 2001 Conference, St. Louis, MO, USA.

Kearney, M. (1984). *World view*, Novato, CA: Chandler & Sharp.

Polanyi, M. (1975). *Meaning*. Chicago & London: The University of Chicago Press.