

公開

密件、不公開

執行機構（計畫）識別碼:110401e100

行政院農業委員會林務局九十七科技計畫研究報告

計畫名稱： 民族植物紅藜的永續利用研究(第3年／全程3年)
(英文名稱) **Sustainable utilization of an ethnobotanical plant,
*Chinopodium sp.***

計畫編號： 97 農科-11.4.1-務-el(z)

全程計畫期間： 95 年 1 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

本年計畫期間： 97 年 3 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

計畫主持人： 郭耀綸

執行機關： 國立屏東科技大學

統籌計畫名稱：民族植物紅藜的永續利用研究

細部計畫名稱：

一、民族植物紅藜的栽培與生態生理特性(3)

〔97 農科-11.4.1-務-e1(1)〕

二、民族植物紅藜之營養及機能性成分之永續利用(3)

〔97 農科-11.4.1-務-e1(2)〕

三、紅藜抗氧化物含量及抗氧化酵素活性分析

〔97 農科-11.4.1-務-e1(3)〕

四、紅藜系統分類及親緣地理研究(三)

〔97 農科-11.4.1-務-e1(4)〕

目 錄

一、民族植物紅藜的栽培與生態生理特性(3).....	1
二、民族植物紅藜之營養及機能性成分之永續利用(3).....	22
三、紅藜抗氧化物含量及抗氧化酵素活性分析.....	46
四、紅藜系統分類及親緣地理研究(三).....	64

■公開

□密件、不公開

執行機構（計畫）識別碼:110401e101

行政院農業委員會林務局九十七年度科技計畫研究報告

計畫名稱： 民族植物紅藜的栽培與生態生理特性(3) (第3年／全程3年)

(英文名稱) **Cultivation and ecophysiological characteristics of *Chenopodium* sp., an ethnobotanical species (3)**

計畫編號： 97 農科-11.4.1-務-e1(1)

全程計畫期間： 95 年 1 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

本年計畫期間： 97 年 3 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

計畫主持人： 郭耀綸

執行機關： 國立屏東科技大學

民族植物紅藜永續利用研究--民族植物紅藜的栽培與生態生理特性(3)

執行單位：國立屏東科技大學森林系

計畫編號：97 農科-11.4.1-務-e1(1)

計畫主持人：郭耀綸 教授

E-mail: ylkuo@mail.npust.edu.tw

摘要

本計畫研究民族作物紅藜的生態生理學性狀與栽培方法，建立將來大量栽植此植物時所需的基礎知識與栽培技術，並統籌四個子計畫研究成果對外發表，達到推廣暨永續利用之目標。本年度計畫探討以下四個項目：(1) 比較紅藜在台灣不同地區生長期間及產量；(2) 以栽培技術培育矮化的紅藜植株；(3) 編撰紅藜推廣手冊供大眾使用；(4) 舉辦紅藜推廣研習會及研究成果發表會。綜合三年的研究結果，發現紅藜的生活史很短，播種後 100-130 天可收穫種實，在冬季生長期較長，植株高度也較高，可長至 2 m 以上。在屏東地區以 10 月上旬至 2 月上旬播種較適宜，此期間為乾季，晴日多，病蟲害少，管理容易。紅藜幼苗柔弱，易被大雨擊倒死亡，應避開雨季栽植。雨季時高溫潮濕，易遭病蟲為害，管理麻煩。紅藜種子儲藏性質為正儲型(orthodox)，新鮮種實曬乾後可在 5°C 冰箱冷藏，經過 4 年仍得有 95% 以上的發芽率。屏東品系紅藜在台灣中部與南部平地及 700 m 高處均生長良好，能耐冬季低溫，但需強光照，為典型陽性植物。紅藜生長至 30 cm 高時予以摘心處理，可降低植株高度，減少倒伏風險。栽植距離以 20~30 cm 為宜。於 2008 年 5 月 23 日假屏科大舉辦紅藜推廣研習會，介紹紅藜栽培及食品應用潛力，讓民眾對此民族植物的永續利用有較深入了解。另於 2008 年 12 月 17 日在台北市市長官邸舉辦「紅藜正名暨研究成果發表記者會」，介紹本研究群的紅藜研究成果給媒體及全國人民，希望能引起社會大眾的重視，達到永續利用的目標。

關鍵字：栽培方法、正儲型、民族作物、生活史、永續利用

Abstract

This project studied the eco-physiological traits of Djulis, an ethenobotanical crop, and evaluated the suitable methods for its cultivation. We had organized four subprojects to acquire knowledge and techniques for its massive cultivation, as well as for its sustainable utilization. This year, our project has four main objectives: (1) to compare the growing periods and production of Djulis among different areas in Taiwan; (2) to shorten the height of Djulis by cultivating techniques; (3) to compile a manual for promoting Djulis as a valuable crop; and (4) to held seminars on various subjects about Djulis. Results from our past three years' research showed that Djulis had short life cycle, and crops were harvestable in 100-130 days after planting. If planted in winter, growth period of Djulis would be longer and stem height could be higher than 2 m, comparing to stems planted in other seasons. In Pingtung area, the best planting season was around early October to early February. This period is a dry season, lots of sunny days, fewer diseases, and thus easily manageable. On the other hand, high temperature and humid weather in the raining season could arouse more pathogenic diseases and destroyed the young fragile seedlings of Djulis. Farmers should avoid planting Djulis in the raining season. Seeds of Djulis are of orthodox nature. They could be well preserved if placed in 5°C and still have 95% of germination rate even after 4 years of storage. Pingtung variety of Djulis grew well in central and southern Taiwan. It could endure low temperature in winter, but needed strong sun light, a typical sun plant. We pinched out its terminal buds when it grew to 30 cm, thus effectively shorten its height. Planting space of 20-30 cm was most appropriate. We held a seminar in Pingtung at May 23, 2008, to introduce the cultivation techniques and application of Djulis in foods. At December 17, 2008, we held a press conference for the nomenclature and research of Djulis in Taipei. We hope that these promotion activities would intrigue people's interest in Djulis and reuse this valuable crop in a sustainable way.

Keywords: cultivation technique, ethenobotanical crop, life history, orthodox, sustainable utilization.

壹、前言

紅藜是台灣原住民傳統作物之一，使用時間已有數百年，藜殼多供釀製小米酒之酒麴原料，也可供煮成粥食用，種子富含蛋白質營養價值高。此民族植物品系甚為多樣化，花穗與葉色變化豐富，植株高度變化由 0.3 m 至 4 m，生活史雖只有 4~5 個月，但生長快速，有很高的淨初生產力。根據現地觀察，本植物對環境的耐性範圍相當寬，由平地至海拔 1500 m 均可栽種，可適應乾旱貧瘠的生育地，甚至海邊有鹽分逆境處也可生長。紅藜是藜科中的藜屬植物，其正確的學名經過本研究群中山大學楊遠波教授的比較判斷，確認其為台灣植物誌所記載的，台灣藜 *Chenopodium formosanum* Koidz.，在 1940 年發表，中文名為台灣藜，是台灣特有種。過去有三位研究人員曾針對此植物進行過研究，其分別以紫藜 (*Chenopodium purpurascens* Jaquin) (郭能成、林萬居，1997)、食用藜 (*Chenopodium* sp.) (張芳銘，1997) 及赤藜 (*Chenopodium album* L. var *ceutorubrum* Makino) (葉茂生，1999) 稱之，這三者若都是本研究所稱的紅藜或台灣藜，則學名應統一為 *Chenopodium formosanum* Koidz.。本文所指的紅藜，排灣族語稱為 djulis，為屏東縣三地鄉、瑪家鄉及泰武鄉之排灣族人所通稱，正在研究中。赤藜、紫藜及食用藜種子磨粉後可製成各式糕點、主食、營養添加物，或為釀製小米酒之酒麴原料，其花穗顏色變化大，可當插花材料，嫩葉可供蔬菜食用(張芳銘，1997；葉茂生，1999；郭能成，2000)。對此遺傳多樣性甚高的民族植物，過去學界甚少關注，現在應將此已被忽略的傳統作物或民族植物重新利用，應具有潛在的文化及經濟價值。此藜科植物在抗逆境上，如適應貧瘠土地及乾旱，具非常優異的表現(李叡明，1993；葉茂生，1999)，且具生長期短，營養價值高的優點，惟在栽培利用上仍缺乏有系統的記錄與研究。

過去的研究(張芳銘，1997；郭能成、林萬居，1997；郭能成，1998；1999；2000)發現，紫藜植株發育期間很短，春作 109~112 天，夏秋作只需 98~115 天，冬季裡作需 124~131 天，而食用藜生活史為 116~117 天；紫藜成熟植株可長到 134~140 cm，食用藜則可達 197~285 cm；紫藜全株乾重可達 60~65 g，單株籽實重可達 16~18 g。紫藜或食用藜生長速度很快，上一年度的研究也證實其光合作用潛力很高，然而在台灣南部屏東地區有關紅藜栽植季節與栽植方式的研究很少，值得針對此類植物在不同季節與不同栽植方式對紅藜生長發育及穀粒產量的影響進行深入探討。

本年度計畫目標為了解民族植物紅藜的最適栽培管理方案，建立將來永續利用本資源植物時所需的基礎知識與栽培技術，並統籌四個子計畫研究成果對外發表，達到推廣之目標。計畫探討以下四個項目：(1) 紅藜最適栽培管理方法，並比較紅藜在台灣不同地區生長期間及產量；(2) 以栽培技術培育矮化的紅藜植株；(3) 編撰紅藜推廣手冊供大眾使用；(4) 舉辦紅藜推廣研習會及研究成果發表會。

貳、材料與方法

本年度紅藜最適栽培管理方案之試驗，是在屏東科技大學森林系苗圃進行。上年度已在該處成立紅藜試驗田，設置長、寬分別為 6 m 及 1.2 m，有自動澆灌設施的小畦共 36 畦供試驗研究，並有專人管理。

一、紅藜在台灣不同地區生長及種子產量之比較

本項試驗之目的為比較花蓮及屏東品系紅藜在台灣不同地區生長之差異，供探討此兩品系紅藜將來推廣到台灣不同地區栽植之適用性。本項試驗以花蓮及屏東兩處之紅藜為材料，在台灣中部及南部各選不同海拔高之環境，比較紅藜植株生活史及種子產量之差異。台灣中部選定南投地利及人和兩部落，南部選定屏科大校園及大漢山，進行紅藜栽植試驗。栽植試驗環境為無遮蔭之空曠地，每個品系栽植面積 40 m²，行株距 25 公分，直播種子在植穴發芽長至 3 公分後，間拔至剩一株。土壤耕耘後不添加人工肥料，定期灌溉，每個月記錄植株高度及孕穗、穗轉色及果熟等生活史參數，收穫時量測植株高度、總長度及穗長度，將穗採收帶回屏科大後曬乾秤取單株穀粒重及烘乾重。各試驗地兩種紅藜品系各量測 20 個單株生長性狀。於 2008 年 1 月下旬進行栽植，5 月收穫。

二、紅藜植株不同矮化方式試驗

(一) 田間摘心矮化試驗

本試驗目的為比較田間紅藜植株摘除頂芽有無是否會對植株之高度達到矮化效果。於 97 年 3 月 21 日以行株距為 25 cm，每穴 10 至 20 顆種子，發芽兩週後進行疏苗，每穴留 1 株直播屏東雜色及紫色紅藜種子至屏科大森林系苗圃紅藜試驗田，畦長為 6 公尺，寬為 1.3 公尺，經坊質壤土客土過。

試驗方法為於 5 月 3 日挑選田間 10 株植株高度約 60 cm 生長性狀較為一致之紅藜植株，以徒手方式將頂芽摘除進行摘心處理，另選 10 株生長性狀也一致之植株當作對照組。至同年 6 月 30 日收穫。各處理挑選 8 株，量測植株總長、分枝數、分枝離土面高度，並將穗剪下曬乾，曬乾後將枝葉等雜質去除，將穀粒以電子天秤稱重。上述數據以 T-檢定比較有摘心植株之總長、分枝數、離地高度與無摘心對照組植株是否具顯著差異。

(二) 田間觸碰矮化試驗

本試驗之目的在於比較觸碰處理與無觸碰處理對紅藜植株生長之影響。發芽及培育之方式與田間摘心試驗相同。操作方法為選定 4 株高度約 50 cm 之紅藜植株每隔一天抓住節間搖晃 1 分鐘，另選定 4 株高約 50 cm 之植株作為對照組，每一週量測植株高度。

試驗時間自 97 年 4 月 26 日至同年 6 月 30 日收穫。兩處理植株收穫時量測紅藜植株總長，將穗剪下曬乾，曬乾後去除枝葉等雜質，將穀粒以電子天秤稱重。上述數據以 T-檢定比較有觸碰植株之總長及穗重與無觸碰植株是否具顯著差異。

(三) 盆栽矮化試驗

於 97 年 3 月 28 日種紅藜種子至穴盤中，待一個月後將紅藜移植至盆栽，每盆均栽植一株，栽培介質為砂質壤土。摘心時間依各個高度摘心分不同天予以摘心，5 月 22 日植株高度在 30 cm 選定 10 盆做摘心處理，5 月 26 日選定 10 盆植株高度在 40 cm 摘心，5 月 28 日選定 10 盆植株高度在 50 cm 做摘心處理，另選定 10 盆不摘心盆栽做對照組。每個處理都在移植時在砂質壤土中混基肥，於 4 月 30 日及 5 月 25 日各施追肥一次，另選定各 10 盆不摘心及不摘心，不施肥植株作對照組。於同年 7 月 8 日收穫，收穫時以捲尺量測各植株總長、離地垂直高度、摘心高度、穗長，將穗剪下曬乾後去除枝葉等雜質，秤其穀粒重。再將上述數據以變異數(ANOVA)分析做比較。

三、紅藜不同葉齡光合作用潛力測定

本試驗目的為了解紅藜同一植株不同葉片之光合作用率隨葉齡改變的情形。於 96 年 9 月 12 日播種紅藜種子紅色、黃色及紫色品系於屏科大森林系苗圃，9 月 27 日進行移植，以行株距 25 cm 進行栽植。

試驗方式為於 96 年 10 月 26 日在紅藜試驗田選取 5 株紅藜植株，以標好日期之標籤貼於葉長約 2 cm 之新生葉片之葉柄上共 15 片。11 月 2 日待其葉面積伸展至寬約 4 cm，長約 5 cm 時，以 LI-6400 光合作用系統(LI-COR, USA)進行光合作用測定，儀器參數設定葉溫 27°C，光量 1500 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，CO₂ 濃度 400 ppm。測定當日除了量測標定好葉齡之葉片，另外以標籤標定當週新生之 10 片葉片。11 月 9 日測定各植株已知葉齡之 25 個葉片的光合作用率。之後共進行了 6 次不同葉齡葉片光合作用率的測定，每週測定 1 次。最後一次測定是在 12 月

28 日，當日所測定的葉片數為 15 片。

於 97 年 6 月 20 及 21 日兩天挑選紅藜試驗田之 3 株紅藜，葉齡之標定方法與上述相同，上層葉、中層葉及下層葉各選取 5 片已知葉齡之葉片進行光合作用測定。儀器參數設定葉溫 30°C，光量 1500 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，CO₂ 濃度 400 ppm。

四、編撰紅藜推廣手冊供農民及大眾使用

本整合型計畫針對紅藜系統分類及親緣地理研究、紅藜的生長特性與栽培方法、紅藜之營養與利用，以及紅藜澱粉酶在小米酒及麵包產業的應用等相關知識與技術，分別由四位子計畫主持人編寫成一般民眾明白易懂的紅藜推廣手冊，提供將來有意願從事紅藜栽植或永續利用產業的原住民或一般民眾參考利用。

五、舉辦紅藜推廣研習會及研究成果發表記者會

於 2008 年 5 月 23 日在屏科大舉辦研習會，邀請農業試驗單位、各縣市農業相關單位，以及高屏地區原住民部落民眾參與。會中針對 3 年度計畫成果，以口頭報告、文字解說、實物展示、紅藜食品品嚐，以及栽培現況參觀等方式，介紹紅藜之永續利用價值與應用層面。於 2008 年 12 月 17 日在台北市市長官邸，舉辦「紅藜正名暨研究成果發表記者會」，介紹本研究群的紅藜研究成果給媒體及全國人民。

參、結果與討論

一、紅藜栽植技術

(一) 栽植季節

經過三年的研究，得知紅藜由播種到種實(帶殼種子)成熟只需 95~120 天，培育時間長短及成熟時植株高度會因季節而異(表 1，表 2)。傳統上排灣族人是在 12 月~2 月播種，此為冬植。此時期為冬季，但在南台灣月均溫仍在 17~20°C 範圍，氣溫並不會太低。在此季紅藜的營養生長期約為 80 天，較其它季節約增加 15~25 天，因此植株高度會比其它季節高，可達 200~250 cm，種實在 110~130 天時可成熟採收。春季(3~5 月)播種紅藜，由小苗成熟至孕穗之前的營養生長期約只需 65 天，之後的生殖生長期在 30~40 天內完成，由播種到採收約只需 95~105 天，採收時植株高度約為 150~180 cm。夏季(6~8 月)播種紅藜，約在 85~95 天即可採收。因為此季溫度較高，營養生長期縮短，約只有 50~65 天，植株高度約在 60~70 cm 高時即開始孕穗，種實成熟時整個植株離地高度約只有 100~130 cm 高。秋季(9~11 月)播種紅藜，約在 95~110 天可採收種實，採收時植株高度約在 160~220 cm 範圍。上述不同栽植季節對紅藜生長及生活史過程的比較，是以行株距 25 cm 的空間所得的結果，如果栽植距離減小，植株生長空間縮小，則植株完成生活史的高度會減小。此外，本研究也發現來自花蓮玉里的紅藜，由播種至採收所需日數比採自屏東的品系長約 20 日，其營養生長期較屏東品系長，因此植株高度比屏東品系者高 50~80 cm，冬季播種者需 140 天才能採收。至於季節栽植紅藜對種實產量的影響，本研究發現秋冬兩季(9~2 月)播種紅藜，單株晒乾種實重量在 20~25 g 範圍，春播(3~5 月)的植株種實收穫重量降低至 8~13 g。過去兩年曾嘗試在夏季培育紅藜，但種子發芽後幼嫩小苗往往被大雨擊倒，致全數失敗。為避免豪雨危害，2008 年 7 月上旬在苗圃搭建透明塑膠遮雨棚，高 200 cm，四面亦遮以塑膠布，仔細保護小苗成長，植株得以抽穗進入生殖生長期。然而在此過程因溫度極高，大部分植株均感染病原真菌，致花穗長霉受損，其後葉部又有其它病原危害呈銀白細斑點，植株逐漸枯死。上述例子說明紅藜雖然生活史僅約 4 個月，在台灣南部一年四季都可栽種，但夏季常出現的大雨或豪雨對紅藜植株有嚴重的機械傷害，尤其是在幼苗階段。此外，6 月至 9 月潮濕的環境條件易引起病原感染，不利紅藜生長發育。因此，紅藜不宜在夏季高溫潮濕的雨季培育，在 10 月上旬至 2 月上旬這 4 個月播種是較適宜的栽植季節。

表 1. 紅藜不同栽植季節穗轉色及收穫所需日數(行株距 25 cm，n=10)

	播種至轉色日 數	轉色至收穫日 數	播種至收穫日 數
2006 年 9 月 5 日播種(屏東)	79±0.4 ^d	12±0.7 ^b	91±0.8 ^d
2006 年 12 月 1 日播種			
花蓮紅色	124±3.6 ^a	20±1.1 ^a	144±2.8 ^a
屏東黃色	115±1.3 ^b	14±1.6 ^b	129±1.7 ^b
屏東紅色	123±2.0 ^a	12±1.3 ^b	135±1.5 ^b
2007 年 1 月 25 日播種(屏東)	85±2.2 ^c	20±1.0 ^a	105±2.0 ^c
2007 年 3 月 14 日播種(屏東雜色)	—	—	102-105
2007 年 5 月 3 日播種(屏東)	—	—	96-104

表 2. 紅藜不同栽植季節植株總長、莖乾重及穀粒重之比較(屏東種源，行株距 25 cm，n=15)

性狀	2006 年 9 月	2006 年 12 月	2007 年 1 月	2007 年 3 月	2007 年 5 月
植株總長 (cm)	192±3.0 ^b	268±10.0 ^a	253±9.3 ^a	204±10.0 ^b	135±5.9 ^c
莖乾重(g)	—	—	18.8±2.4 ^a	—	12.4±0.8 ^b
穀粒重(g)	21.9±1.3 ^a	21.9±2.7 ^a	23.3±1.3 ^a	12.2±1.0 ^b	8.6±1.1 ^b

(二) 育苗及栽植方法

經晒乾的帶有殼的種子，可先播在容器中培育，長出幼苗後再定植到田間，或可藉直播方式播在田間。紅藜種子播種後應覆蓋薄薄一層土壤，並以細孔灑水器澆水，太大的水滴會沖失種子。紅藜帶殼種子吸水後數小時即可發芽，約在第 3 天即可見帶有 2 片狹長型子葉的上胚軸伸出地表，高度約 1 cm，在冬季幼苗出土較晚，約在第 5 天。種子發芽後不必遮陰，可直接照射陽光，但需保持土壤濕潤。發芽後的一個月內幼苗地上部生長緩慢，但此期間該植株是在發展根系。幼苗出土後一個月至二個月期間是紅藜快速生長的階段，一個月內可長高 100 cm 以上。根據我們的栽培經驗，在田間以穴播的方式每穴播種子 10~20 粒，待幼苗生長至 3 cm 高時疏苗，留存一株，可獲較佳的生長。因為紅藜根系生長旺盛，若先將種子播在田間再挖出定植，在挖掘過程會讓幼苗根系受到嚴重損傷，成長

會延緩。若將種子播在穴盤再定植，需掌握時間移苗，否則因穴盤體積有限，致植株根系發育受阻，大約在小苗長到約 3 cm 高時即要移出定植。紅藜為陽性植物，生長過程不需遮陰，照光越多生長越好。紅藜植株在營養生長期有睡眠運動，夜間植株上半部會下垂，待黎明時下垂的部位再挺直。

栽植距離方面，行株距 20 cm 以下的植株，可收穫晒乾種實(連殼)10~17 g，行株距 25~30 cm 的植株，單株可稱俺 20~25 g 種實，行株距 35~40 cm 者可收得 30~35 g 種實，生長空間越大者單株種實產量越高，若栽植距離在 100 cm，單株可收成 80~100 g 的種實，這是因為植株可有眾多分枝，每個分枝前端都可長出花穗而增加種實量。若栽植距離在 30 cm 以下，不同單株葉部會有相互遮陰現象，植株只在最上方形成花穗，側方並不會長出分枝。較大的空間雖有較大的單株結實量，但以單位土地面積的總收穫量來看，栽植距離較小，密度較高者總收穫量會較高。以行株距 15、25 及 35 cm 的栽植距離比較，單株結實量分別為 12、21 及 30 g，但以單位面積來計算，上述 3 種距離每分地(0.1 公頃)的總產量分別為 510、340 及 240 kg，顯然栽植距離較小者可有較高的收穫量。若考量植株的發育，我們建議以 20~25 cm 的行株距來栽植紅藜較佳。

(三) 種實採收處理

紅藜花穗在成熟之前，外種皮會由綠色轉變為鮮豔的紅、橙、黃或紫色，依品系而異，也有同一花穗不同部位混有二種以上的顏色。由孕穗開始到結實，再到轉色約需 25~30 天，之後的 10~15 天成熟的種實外表顏色變成黑褐色，同一穗的種實並非同時完全成熟，而是漸進式逐一成熟。在果穗有少部分種實轉黑成熟時，即可將全穗剪下收穫。若未及時採收，先成熟的種實會掉落，或在碰觸時大量脫落，此時採收即會損失。在種實轉色但尚未成熟轉黑之前，若適逢幾天降雨，種實會在果穗上直接發芽長出胚根，此時已無法採收。因此，當果穗轉色後約 10 天即可採收，晒乾後去除非種實雜物即可收藏。一般而言，新採的果穗大約要在陽光下晒 3 天，種實才會完全乾燥，以手碰觸時會有脆脆的感覺。此時種實會很容易與穗分離，可藉篩網分離種實與其它雜物。若種實要供將來播種之用，則應將種實裝於容器後置於冰箱冷藏，經過 4 年仍可保有 95%以上的發芽率。晒乾後的種實若供食用，則不必去殼，可連殼收藏在乾燥之處，但半年之後原本鮮豔的外種皮會褪色，表示其甜菜色素已消失，但營養價值仍存在。

(四) 紅藜種實的儲藏

紅藜種實成熟後，在陽光下曝曬 3 天，乾燥後含水率為 12%。新鮮採收經晒乾的未去殼種實，發芽率多在 98% 以上，有些樣本發芽率可達 100%，但在室內存放一段時間後發芽率會降低。在 2004 年 1 月曾採收屏東縣瑪家鄉的紅藜，晒乾後立即裝在密封的培養皿中，置於溫度約 4~5°C 的家庭用冰箱冷藏，經過 4 年取出進行發芽試驗，發芽率仍可高達 98% (表 3)。然而紅藜種實採收晒乾後，若在室內存放幾個月再予以冷藏，該種子的發芽率即會顯著降低。例如在室內分別存放 7 個月及 1 年，再置於冰箱冷藏 1 年，發芽率分別降至 52 及 32%。曾有一批種實裝在有蓋之塑膠瓶置於防潮乾燥箱內 2 年，再將瓶子移入冰箱 1 年，該批種子的發芽率降低至 44%。若將種實置於室內櫃子內，沒有冷藏處理，則 2 年後種子完全喪失發芽率。我們曾提供一批紅藜種實給林試所簡慶德博士，根據他們的試驗，認為紅藜種子的儲藏性質為正儲型，亦即種實經過乾燥降低含水量後，置於防水的鋁箔袋內可低溫儲藏，在 -196°C、-20°C、5°C 及 15°C 及室溫下儲藏 8 個月後，發芽率均可達 80~90%。此結果表示紅藜種實乾燥後儲藏時應阻隔水氣，發芽率才不會減低。過去 3 年我們在儲藏紅藜晒乾種實時，多放在有封口的 PE 夾鏈袋內，此塑膠袋阻隔水氣的能力並不佳，以致於存放一年後種子多不能發芽。目前我們是將紅藜種實裝在塑膠瓶內，再置於冰箱冷藏，如此可確保種子發芽率不會嚴重喪失。

表 3. 紅藜帶殼種子在不同條件儲藏後的發芽率

處理方式	n	發芽率
A. 冰箱處理4年	9	98%
冰箱處理7個月	11	86%
B. 乾燥箱2年，冰箱1年	7	44%
C. 無處理7個月，冰箱處理1年	42	52%
D. 無處理1年，冰箱處理1年	28	32%
E. 放置室內無處理2年	12	0%

二、紅藜在台灣不同地區生長及種子產量比較

南投地利及人和兩處於 2008 年 2 月初播種紅藜，5 月下旬至 6 月上旬成熟收穫。人和村開始時幼苗因澆水不夠，月上旬再補植。地利村協助試驗的原住民農家表示，從前他看過祖父種植過紅藜，紅藜已經很久沒出現了，因此他們對試驗植株非常照顧，生長狀況良好，收穫時花蓮品系單株種實曬乾重量平均達 40 g，屏東品系也可達 32 g，比栽種在屏科大的產量高。該處照光情況佳，為河床地，土壤條件可能對紅藜根系發育有幫助。人和村則因照顧不周，栽植處周圍有香蕉園圍繞，土壤較硬不利紅藜生長發育，單株籽實平均僅 5-8 g，產量很低。

表 4. 紅藜在南投縣生長表現及種子產量比較

項目	地利村		人和村	
海拔高	360 m		400 m	
土壤條件	河灘地		香蕉園農地	
種植時間	97年2月2日		3月補植	
品系	花蓮	屏東	花蓮	屏東
收穫期(日)	145	110		
總長(cm)	240±4 ^a	175±13 ^b	228±18 ^a	180±15 ^b
穀粒重(g)	40.2±3.3 ^a	32.2±5.0 ^a	8.3±0.8 ^a	5.6±0.9 ^b

另一項試驗在屏東地區比較不同海拔高度對紅藜生長及種子產量的影響。在海拔高度 700 m 的大漢山，屏東品系單株種實曬乾重量平均達 28 g，與栽種在海拔高度 60 m 的屏科大苗圃的植株產量相當，但是花蓮品系生長極差，單株籽實產量只有 12 g，植株形體也小很多（表 5）。以上試驗結果表示花蓮品系紅藜不宜種在屏東海拔較高處，在南投及屏東低海拔處生長較佳；屏東品系紅藜在南投及屏東低海拔，以及屏東海拔較高處生長都適宜。

表 5. 紅藜在屏東縣不同海拔高生長表現及種子產量比較

項目	屏科大苗圃(60 m)		屏東大漢山(700 m)	
	屏東	花蓮	屏東	花蓮
播種時間	97年1月21日		97年1月4日	
收穫期(日)	105	130	125	140
總長(cm)	232±3 ^b	273±5 ^a	248±8 ^b	163±8 ^c
穀粒重(g)	26±1 ^a	30±2 ^a	28±2 ^a	12±1 ^b

三、紅藜植株不同矮化試驗

(一) 田間摘心矮化試驗

本試驗於 97 年 5 月 3 日植株約 60 cm 高時進行摘心處理，至同年 6 月 30 日收穫。由圖 1 可看出摘心後第一週有摘心之植株高度(62 cm)高於未摘心之植株高度(56 cm)。試驗的第二週及第三週，兩處理之植株高度並無顯著之差異。至試驗第四週有摘心之植株顯著低於未摘心之植株。最後一次試驗，有摘心之植株高(167 cm)明顯低於未摘心之植株高(181 cm) (圖 1)。但其離地高度是否有顯著差異，臺灣熱帶花卉研究中心結果顯示在植株高度 30 cm 及 40 cm 時進行摘心，其離地高度會顯著低於其他處理植株(表 6)。在分枝數方面，有摘頂芽之植株平均會有 3~4 個分枝，除了會有主穗之外其餘的分枝也會結穗，而未摘心的對照組植株均只有一個主穗，兩處理有顯著差異(表 6)。因此，穗重的比較上，有摘心之植株穗重會比未摘心之植株重(12.1 vs 9.9g)，但經 T-檢定比較結果，兩處理之植株無顯著差異。

表 6. 田間紅藜摘心處理後之生長表現

項目	摘除頂芽	對照組
總長(cm)	166.5±6.6 ^b	181.3±4.2 ^a
分枝數	2.8±0.3 ^a	1.0±0.0 ^b
分枝高度(cm)	94.5±5.5 ^a	0.0±0.0 ^b
穗重(g)	12.1±1.5 ^a	9.9±1.6 ^a

二種處理同一性狀不同英文字母者，具顯著差異($p < 0.05$)。

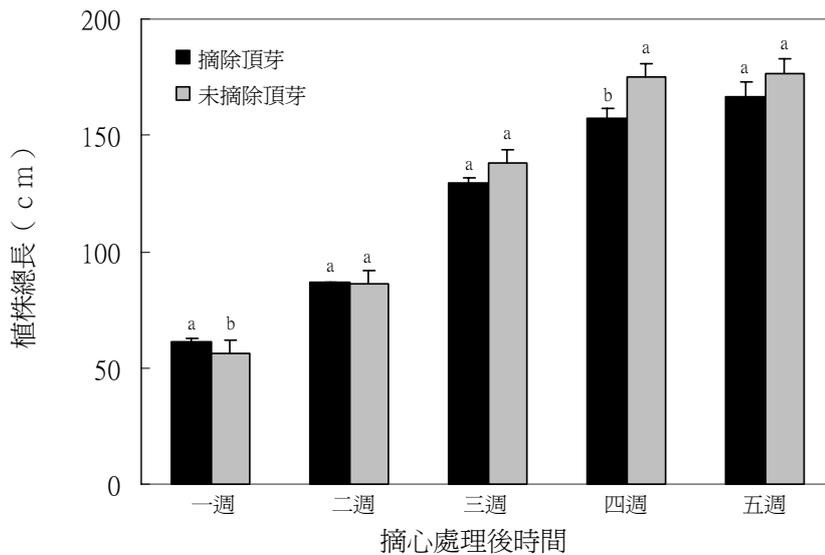


圖 1. 紅藜摘心處理後不同時間植株高度之比較

(二) 田間觸碰矮化試驗

本試驗於 97 年 4 月 16 日開始進行觸碰處理，每 2 天搖晃 1 分鐘，持續至同年 6 月 30 日採收。由圖 2 可看出試驗第一及第二週有觸碰之植株高度顯著低於未觸碰之植株高度；試驗至第三週及第四週有觸碰之植株與未觸碰之植株並無顯著差異。至試驗第五週時，有觸碰之植株高度(156 cm)明顯低於未觸碰之植株高度(180 cm)。但在穗重方面兩處理並無顯著之差異(表 7)。

搖晃植株為何會使其高度降低呢？我們認為，以手握住節間進行搖晃處理，其搖晃所造成的擾動會抑制莖部之延伸，而因搖晃及觸碰使植株生態上所發生的改變稱之觸碰形態發生(Thigmomorphogenesis) (Jaffe, 1980)。

表 7. 田間紅藜觸碰處理後之生長表現

項目	觸碰	對照組
總長(cm)	156.5±7.8 ^b	180±5.9 ^a
穗重(g)	9.0±1.2 ^a	9.3±3.2 ^a

兩種處理同一性狀不同英文字母者，具顯著差異($p < 0.05$)。

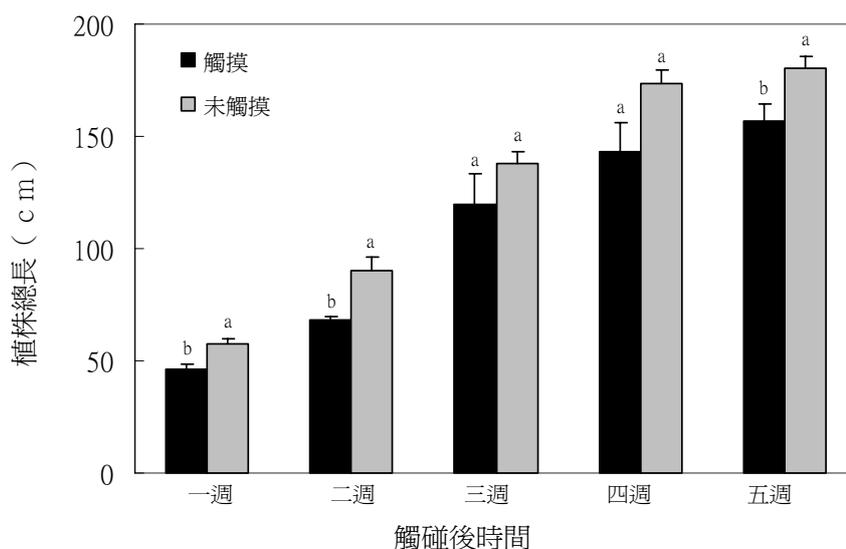


圖 2. 紅藜觸碰處理後不同時間植株高度之比較

(三) 盆栽矮化試驗

本試驗於 97 年 3 月 28 日栽植紅藜種子於盆栽內，依照不同植株高度做摘心處理。試驗結果(表 8)顯示不摘心的紅藜植株總長(118 cm)會顯著高於其他處理的植株總長。離地高度方面，植株高度在 30 cm 及 40 cm 時進行摘心之兩處理盆栽，其離地高度顯著低於其他處理之植株。紅藜盆栽植株在 30 cm 及 40 cm 高度進行摘心，其摘心的高度會顯著低於 50 cm 高度摘心之植株。穀粒重的比較上，則以 40 cm 摘心之植株會顯著高於其他處理之植株。分枝數方面，有摘心之植株平均會有 4~8 個分枝，但經比較後，各處理植株並無明顯差異。

表 8. 不同高度摘心處理對紅藜盆栽生長之表現

	總長(cm)	離地高度 (cm)	摘心高度 (cm)	穗長(cm)	分枝數	穀粒重(g)
30cm 摘心	91.3±5.0 ^c	54.6±1.2 ^c	46.3±1.6 ^b	51.8±4.3 ^{ab}	7.1±0.8 ^a	16.5±0.9 ^{ab}
40cm 摘心	104.5±2.7 ^b	59.1±2.2 ^c	48.3±1.8 ^b	55.8±1.6 ^a	5.5±0.05 ^a	18.0±0.8 ^a
50cm 摘心	116.6±5.7 ^{ab}	73.6±4.6 ^a	60.0±3.7 ^a	55.1±4.1 ^a	6.0±0.7 ^a	17.1±1.3 ^{ab}
不摘心(追肥 2 次)	118.3±4.7 ^a	70.0±5.3 ^{ab}		55.6±3.8 ^a		14.3±1.3 ^b
不摘心(不施肥)	108.8±3.0 ^{ab}	63.4±2.3 ^{bc}		44.1±1.9 ^b		9.3±0.4 ^c

五種處理同一性狀不同英文字母者，具顯著差異($p < 0.05$)。

四、紅藜植株光合作用測定

本試驗共分 2 次進行紅藜植株不同葉齡葉片光合作用之測定，第一次試驗時間於 96 年 11-12 月測定 5 株，每週測定 1 次，共分 8 次。由圖 3 可看出屏東品系之紅藜植株其葉齡在 5-10 天時，淨光合作用率多在 $15-25 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，葉齡在 10-25 天時，葉片已伸展，有足夠之葉面積進行光合作用，其淨光合作用率範圍在 $20-30 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，最高可達 $30 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ；而葉齡於 30-40 天時已開始老化，其光合作用值為 $10-15 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，最低值在 $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以下。第二次試驗於 97 年 6 月 21、22 日進行，每次量測 3 株花蓮品系紅藜植株不同葉齡之葉片。由圖 3 看出花蓮品系之植株，其光合作用率在葉齡 20 天時為 $10-25 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，40 天時光合作用率降至 $5-15 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。試驗結果顯示，屏東品系之紅藜植株其葉齡在 4-10 天時光合作用率很高，可達 $35 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，其葉壽命約為 45 天。花蓮品系之紅藜植株，在葉齡 20-40 天時，光合作用率在 $15-20 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 之間，葉齡在 40 天後有下降之趨勢，其葉壽命約為 50 天。

五、紅藜研究成果推廣及成果發表

本年度於 5 月 23 日假屏東科技大學舉辦 97 年紅藜推廣研習會，共有 125 位來賓與會，會中由郭耀綸、蔡碧仁及葛孟杰老師報告紅藜栽培與利用方面的重點。會中有熱烈的討論，並至森林系苗圃參觀紅藜栽植現況，我們並安排排灣族人傳統方式以木臼搗紅藜去殼過程，最後是享用傳統與現代的紅藜食品。會場也特別展出紅藜插花作品 3 件，供來賓了解紅藜在花藝上的應用價值。本次研習會來賓包括屏東、台南、台東及花蓮農改場、屏東種苗改良繁殖場、屏東、新竹、花蓮、東勢林區管理處、農友種苗公司、屏東縣瑪家、來義、春日及霧台鄉公所、科博館、原民會等政府單位，民間團體包括台灣生物多樣性保育學會、台東布農文教基金會、屏東阿禮勞動合作社、屏東賽嘉社區發展協會、沙利婉文化工作室、排灣社區發展協會等單位，另有本校教職員生 65 人參加。本次研習會邀請到中國時報、聯合報、民眾日報等媒體記者採訪，於隔日(5 月 24 日)在報紙上有刊登本次研習會重要內容。

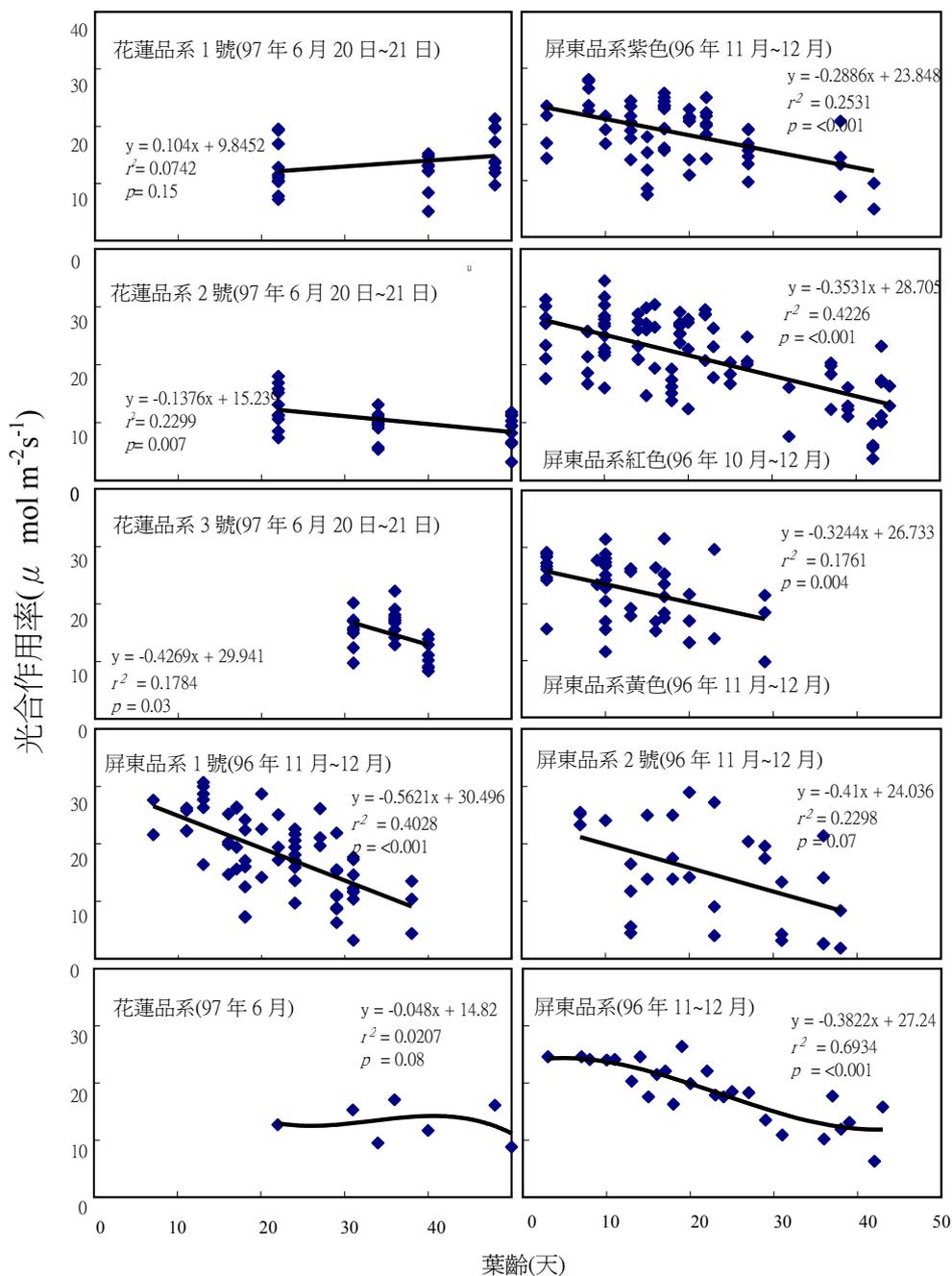


圖 3. 紅藜不同植株光合作用潛力隨葉齡之動態變化

此外，今年 12 月 17 日下午，在台北市的市長官邸藝文沙龍，舉辦另一場「紅藜正名暨研究成果發表會記者會」。此記者會委請企畫公司代為規劃活動設計，除了將楊遠波教授研究所發現的紅藜為台灣原生種 (*Chenopodium formosanum*) 介紹給國人周知外，另一主題是將紅藜與原住民農業文化結合，強調此民族植物的再發現，希望國人重視此一用途很廣，營養價值很高的被遺忘的資源植物。除了記者會當天的報告之外，我們也邀請傳播公司拍攝紅藜的生長過程及紅藜在食品方面的應用實例，並由四位子計畫主持人簡要的介紹研究成果。此項錄影內容製作成 15 分鐘的短片，以光碟的形式在會場中發放給與會貴賓。此外，我們也將研究成果製作成推廣手冊，在會場中分送來賓，並提供後續有興趣的人士參考。

肆、結論

經過三年的研究，我們對紅藜的栽培方法與生態生理特性已有相當的認識，知道此作物的生活史過程，種子儲藏性狀為正儲型，需乾燥低溫儲藏。播種後 100-130 天內可採收種實，冬季生長期較久但植株高度較高，可達 2 m 以上。雨季期間幼苗會被大雨擊倒，成熟但仍未採收的種子會直接在穗上發芽，此期間高溫潮濕的條件亦引起病蟲危害，不適宜栽種紅藜。在台灣南部以 10 月上旬至隔年 2 月上旬播種適宜，可在雨季來臨前採收並曬乾種實。紅藜的光合作用潛力很高，為典型的陽性植物，宜栽植在全光環境，且對溫度的適應範圍廣，在 20-30°C 都有很高的生理表現，可栽植在平地至海拔 1000 公尺的地區。建議以單株相距 20-30 公分的空間種植紅藜可獲較佳的生長及種實產量。

伍、參考文獻

1. 朱格麟 (1995) 藜科植物的起源、分化和地理分布。植物分類學報 34 : 486-504。
2. 李叡明 (1993) 資源植物學：研究方法入門。淑馨出版社，215 頁。
3. 郭能成、林萬居 (1997) 民俗作物藜之利用評估—播種密度對植株生質量及籽實產量之影響(夏秋作)。雜糧作物試驗研究年報 86 : 371-378。
4. 郭能成 (1998) 民俗作物藜之利用評估—播種密度對植株生質量及籽實產量之影響(冬季裡作)。雜糧作物試驗研究年報 87 : 372-379。
5. 郭能成 (1999) 民俗作物藜之利用評估—播種密度對植株生質量及籽實產量之影響(春作)。雜糧作物試驗研究年報 88 : 307-314。
6. 郭能成 (2000) 藜高產性狀之探討。雜糧作物試驗研究年報 89 : 288-295。
7. 張芳銘 (1997) 台灣食用藜之研究。台灣大學農藝學研究所碩士論文，83 頁。
8. 葉茂生 (1999) 台灣山地作物資源彩色圖鑑。台灣省政府農林廳編，217 頁。
9. Allen, P. (1960) *Chenopodium*. in *Hegi Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, 2. Vol. 3. Carl Hanser Verlag, Munchen. pp. 569-659.
10. Diemer, M. V., C. H. Körner, and S. Prock (1992) Leaf life spans in wild perennial herbaceous plants: a survey and attempts at a functional interpretation. *Oecologia* 89: 10-16.
11. Johnson, D. L. (1990) New grains and pseudograins. p.122-127. In: Janick, J., and J. E. Simon (eds.). *Advances in New Crops*. Timber Press. Portland.
12. Partap, T., and P. Kapoor (1985) The Himalayan grain chenopods. I. Distribution and ethnobotany. *Agriculture Ecosystems Environments* 14: 185-199.
13. Partap, T., B. D. Joshi, and N. W. Galwey (1998) *Chenopods*. *Chenopodium* spp. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 22. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Research Institute, Rome, Italy. 67 pp.
14. Schlick, G., and D. L. Bubenheim (1996) Quinoa: candidate crop for NASA's controlled ecological life support systems. p.632-640. In: Janick, J. (ed.). *Progress in New Crops*. ASHS press. Arlington. VA.

公開

密件、不公開

執行機構（計畫）識別碼:110401e102

行政院農業委員會林務局九十七年度科技計畫研究報告

計畫名稱： 民族植物紅藜之營養及機能性成分之永續利用(3)
(第3年／全程3年)

(英文名稱) **Sustainable Utilization of Nutrition and
Phytochemicals from Ethnobotany
Chenopodium formosanum (3)**

計畫編號： 97 農科-11.4.1-務-e1(2)

全程計畫期間： 95 年 1 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

本年計畫期間： 97 年 3 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

計畫主持人： 蔡碧仁

執行機關： 國立屏東科技大學

合作機關： 國立屏東科技大學

民族植物紅藜的永續利用研究--民族植物紅藜之營養及機能性成分 之永續利用(3)

執行單位：國立屏東科技大學食品科學系

計畫編號：97 農科-11.4.1-務-e1(2)

計畫主持人：蔡碧仁 教授

E-mail: pijen@mail.npust.edu.tw

摘要

本研究將紅藜種實以超微細及奈米研磨製成紅藜穀粉，再以田口法製備紅藜沖泡包。結果顯示，奈米研磨後，紅藜穀粉提高了甜菜色素、酚類等機能性化合物之含量。粒徑愈小者，其紅色值、抗氧化力及一般營養成份含量愈高，但愈不穩定。紅藜穀粉及沖泡包會受貯藏溫度(5~35°C)及包裝方法所影響，貯藏溫度愈低及真空包裝者，其色素及抗氧化力愈穩定。在紅藜切花保鮮技術方面，以8HQS、蔗糖、乙烯吸收劑和 PE 夾鏈袋保鮮之搭配組合為最佳，其切花瓶插壽命較一般未經處理者長。因此只要配合適當之方式與條件，省產紅藜值得永續利用與推廣。

關鍵字：紅藜、微細加工、粒徑、甜菜色素、切花、永續利用

Abstract

This study aimed to grind the seed of Djulis into microparticle and nanoparticle, and then make it into instant cereal powder through Taguchi method. Results showed that phytochemicals like pigment and polyphenol content increased after milled into nanoparticles. Decreasing the particle size during grinding process may favor its coloration, antioxidant capacity and general nutrient but enhance the instability during storage. Storage temperature (5-35°C) and package condition may affect their stability. Better pigment and antioxidant capacity maintenance achieved while stored at low temperature and vacuum package. For the postharvest of cut-flower, the combination of 8HQS, sucrose, ethylene absorbent and PE bag was best in prolong the shelf life of Djulis spike. It suggested that Djulis is worthy of sustainable utilization and application under proper method and condition.

壹、前言

紅藜含有豐富的必需胺基酸與蛋白質(約 12-18%，Johnson 1990)，同時也含豐富的鈣、磷、鐵、鈉及鉀等，因而被美國國家航空暨太空總署(NASA)視為具有潛力的「新」作物(Bhargava *et al.* 2006)。本研究過去(95 年度)曾初步探討紅藜的營養價值及抗氧化力，發現其還原能力頗高。並找出相關成分包括總酚、類黃酮及甜菜色素等。在 96 年度則發現紅藜一般營養及機能性成分、抗氧化力均會受不同季節及品種的影響。由於文獻指出，微細加工可提高紅辣椒機能性色素的萃取率，與茶樹菇水溶性蛋白質的溶出率及親水力(Reinbach *et al.* 2007；Zhang *et al.* 2004)。吳(2005)也發現，薑黃素經奈米化後清除 DPPH 自由基能力增加，且原本不具螯合亞鐵離子能力的薑黃素，經過奈米化反而有螯合亞鐵離子的現象。

本年度對於紅藜穀粉之製備，初步針對不同微細加工方法，比較不同粒徑大小，分別有原顆粒(IG)、微米穀粉(MP)及奈米穀粉(NP)，並測定研磨後紅藜穀粉其水萃液之色澤、色素吸光值、總酚、抗氧化力以及利用 HPLC 分析其甜菜色素及酚類含量，並進行各品質之間的相關性分析，以了解微細加工對其抗氧化力、色澤與營養成分之影響。也進一步分析其貯藏穩定性，且研發製成膠囊及沖泡包等產品。而紅藜植株在切花應用上礙於瓶插壽命短，因此，針對紅藜切花應用進一步分析，以提高紅藜在切花市場上的利用性。

貳、材料與方法

一、實驗材料

本實驗採用之紅藜(*Chenopodium formosanum*)種實取自屏東科技大學生物多樣性研究中心。

二、實驗流程

將紅藜種實分別利用超微細研磨機、奈米濕式珠磨機進行研磨，研磨後以凍結乾燥機乾燥成粉末，於-20℃下以不透氣不透水之真空袋加以保存，以做後續分析。

(一) 不同微細加工省產紅藜穀粉之營養成分分析

分析經不同微細加工方法紅藜穀粉的營養成份，如膳食纖維、粗蛋白、澱粉、還原糖與可溶性固形物、鋅及硒等機能性微量元素等分析。

(二) 不同微細加工省產紅藜穀粉之抗氧化活性等機能性成分測定及貯藏試驗

紅藜種皮色澤豐富，而這些色素及酚類等皆為抗氧化力的來源，利用自由基清除能力、還原力及鐵螯合能力等方法，測定經不同微細加工方法所得之省產紅藜穀粉色素水萃物之色澤、色素吸光值、總酚及抗氧化力，並進行相關性分析，以了解其抗氧化力與色澤間之關係。在貯藏試驗方面，於貯藏期間也分別測定其抗氧化活性，色素變化等分析，以了解微細加工後在貯藏是否有所變化，並加以算出其色素在貯藏過程中之降解活化能。

(三) 紅藜產品製作

紅藜以微細加工方法研磨成粉末後，將此穀粉開發成紅藜沖泡包飲品，並利用田口法找出沖泡包最佳調配條件以及利用研磨後的紅藜穀粉製作成食用膠囊，以提高紅藜在市場上的利用價值。

(四) 紅藜果穗保鮮技術之分析

利用不同保鮮技術來分析其最適保鮮方法與應用，並建立紅藜萎凋指數。

1. 紅藜果穗最適保鮮方法分析與應用：

以保鮮劑、糖類、老化抑制劑分析其瓶插壽命及色素變化，並找出最適保鮮

條件以進行搭配試驗。

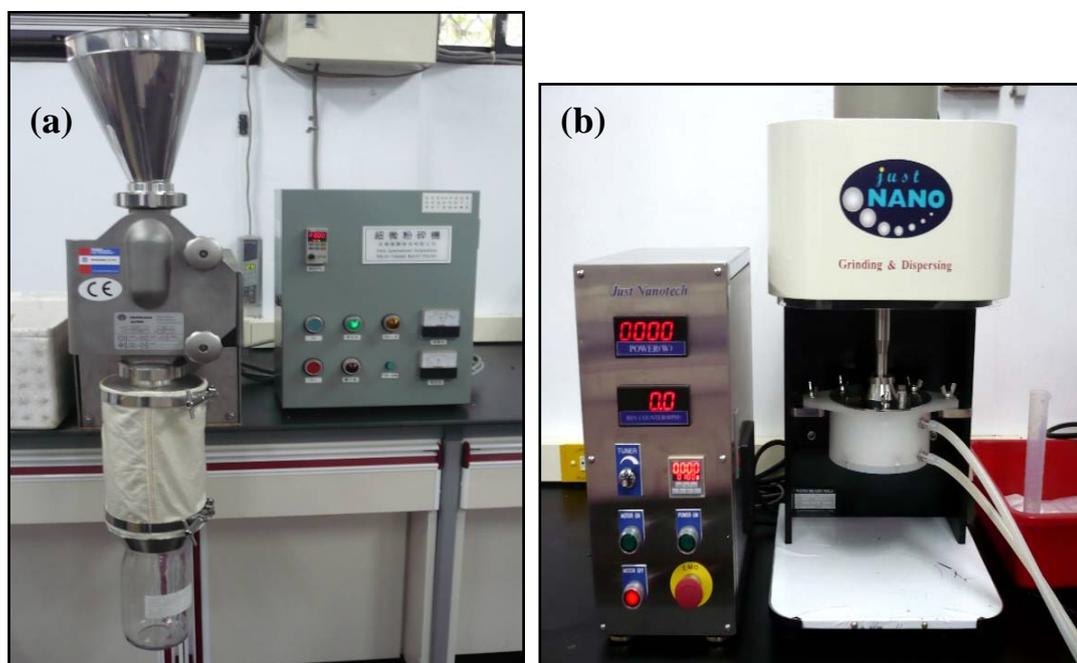
三、實驗方法

微細加工研磨方法，如圖一所示。利用超微細研磨機將紅藜研磨成微米層級的紅藜粉，以及利用實驗型奈米濕式研磨機將紅藜研磨成奈米層級的穀粉，奈米濕式珠磨機研磨條件，研磨介質為鈦安定性氧化鋯珠 (yttria-stabilized zirconia bead; YSZ)。

本研究因而將微細加工後的樣品分成超微細研磨(Microparticle; MP)、奈米濕式研磨(Nanoparticle; NP)之紅藜粉末與未經研磨之原顆粒(Intact granule; IG)之紅藜，以做為後續分析及對照。

(一) 微細加工研磨之紅藜穀粉粒徑大小分析

以穿透式電子顯微鏡(Transmission Electron Microscope; TEM)或掃描式電子顯微鏡(Scanning Electron Microscope; SEM)分析其粒徑大小。以及利用動態雷射光散色儀(Dynamic Light Scattering; DLS)分析其粒徑分佈情形。



圖一、(a)超微細研磨機 (b)實驗型奈米濕式研磨機

(二) 不同微細加工紅藜穀粉色素品質特性分析

將微細加工後紅藜分別浸置於蒸餾水，萃取後以分光光度計掃描其波長及 A_{480} 及 A_{530} 之吸光值。利用色差儀(Color meter)分析其 L(亮度)、a(紅色度)、b(黃色度)、色相角度及彩度。

(三) 紅藜成分分析

分析不同顏色紅藜的營養成份，如粗蛋白、澱粉、還原糖、膳食纖維、胺基酸與硒、鋅等機能性金屬。

1. 粗蛋白質：

採凱氏粗蛋白定量法，取乾燥樣品以濃硫酸消化分解至澄清，加入鹼液蒸餾，釋放出氨氣，以硼酸溶液吸收之，再以鹽酸溶液滴定至紅色，加以計算。

2. 還原糖定量分析：

DNS 還原糖的測定(Miller, 1959)。取紅藜水萃液6 mL，加入2 mL的DNS 試劑，混合後在沸水浴中加熱反應5分鐘，混合均勻後退溫至室溫，測 A_{540} 吸光值。對照組為6mL蒸餾水，加入1 mL DNS試劑混合後於上述相同反應條件下處理。反應組測得之還原糖量減去對照組的還原糖量，所得的差值為紅藜種實與穀粉所釋放的還原糖量。

所得的吸光值利用葡萄糖標準曲線轉換成相當的還原糖量。葡萄糖 (glucose)標準曲線作法為取0.1~1.0 mol/mL 的葡萄糖溶液6 mL，加入2 mL DNS試劑在上述條件下測吸光值，做出標準曲線。

DNS 試劑配製為3,5-Dinitrosalicylic acid 1 g、Potassium sodium tartrate 30 g和NaOH 1.6 g定容於100 mL。

3. 胺基酸：送檢。

4. 澱粉：送檢。

5. 膳食纖維：送檢。

6. 硒、鋅、鐵等元素：送檢。

(四) 紅藜抗氧化活性分析

本研究即擬利用自由基清除能力、還原力、鐵螯合能力及總酚等方法，測定不同微細加工後紅藜水萃液中的抗氧化力及抗氧化物質。

1. DPPH自由基清除能力測定

取4 mL樣品與1 mL DPPH(1mM)，於室溫下反應30分鐘後，在517 nm 下測其吸光值，其數值越低表示該物質的供氫抗氧化力越強(Shimada et al., 1992)。計算：清除率(scavenging) = $\left[\frac{\text{空白組吸光} - \text{樣品吸光}}{\text{空白組吸光}} \right] \times 100\%$

2. FRAP還原力測定

取2.5 mL 的樣品，加入試劑，均勻混合，靜置6分鐘以分光光度計檢測593nm吸光值。

3. 鐵螯合能力

取1 mL樣品，加入甲醇與 $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (2mM)反應30秒後，再加入ferrozine，靜置10分鐘以分光光度計檢測562 nm下吸光值。

計算：螯合亞鐵離子能力 = $\frac{\text{空白組吸光} - \text{樣品吸光}}{\text{空白組吸光}} \times 100\%$

4. 總酚之抗氧化物質測定：

取萃取液50 μl 加入水及100% Folin-Ciocalteu's phenol reagent混合，sodium carbonate 水溶液後，予以充份混合，靜置30分鐘後測750nm吸光值。

5. 色素降解活化能測定：

分別將不同微細加工紅藜穀粉於不同溫度(5、15、25、35 $^{\circ}\text{C}$)下貯藏，在貯藏過程中，分別以分光光度計測其 A_{530} 吸光值，做其貯藏時間與吸光值之曲線圖，並進一步以加熱動力學模式加以探討由不同微細加工紅藜穀粉在不同溫度間 A_{530} 之變化，由其與加熱時間之回歸方程式求得斜率，為其褪色速率，並代入公式，取對數值所得之斜率和絕對溫度之倒數，求出紅藜紅色素褪色速率所需之活化能，活化能(-Ea)公式為 $\text{Ln } K = -Ea/RT$ ，其中K為rate constant， $T = (^{\circ}\text{C} + 273)$ ，以探討紅色紅藜種子中色素之穩定性。

(五) 不同微細加工紅藜穀粉抗氧化成分之定量

1. 紅藜色素之高效能液相層析儀(HPLC)分析

紅藜種子水萃物溶液，以 0.45 μ m 過濾器過濾，取 20 μ l 以高效能液相層析儀 (HPLC, L-7420 UV-VIS Detector, L-7100 Pump, D-7500 integrator, HITACH, Japan)分析，HPLC 分析條件係參考 Florian 等(2002)與謝(2003)分析方法，分析條件如下：

Column：RP-18 (250-4.6 mm id., Hitachi)。

Flow rate：1 ml/min。

Mobile phase：formic acid 及 acetonitrile。

Detector：UV detector, 538 and 484 nm。

2. 紅藜酚類之高效能液相層析儀(HPLC)分析

依黃(2004)方法，將紅藜種子水萃物溶液，以 0.45 μ m 膜過濾，取 20 μ l 以前述 HPLC 進行分析，再與標準品沒食子酸(gallic acid)、兒茶素(catechin)、漂木酸(chlorogenic acid)、咖啡酸(caffeic acid)、表兒茶素(epicatechin)、香豆酸(coumaric acid)、阿魏酸(ferulic acid)、芸香苷(rutin)、肉桂酸(cinamic acid)作比對。HPLC 分析條件如下：

Column：RP-18 (250-4.6 mm id., HITACHI), Flow rate：1 ml/min

Mobile phase：Acetic acid in water 與 acetonitrile

Detector：UV detector, 280 nm

(六) 紅藜永續利用產品之開發與儲藏

取微細加工研磨後紅藜穀粉與相關調配材料，如糖、奶粉、食用膠等，採用田口法方式，進行沖泡包之開發與製作，以及利用膠囊充填機，將紅藜穀粉製作成機能性食用膠囊。並將紅藜沖泡包與膠囊，進行貯存期間品質與抗氧化力影響之調查。並進行溫度及包裝等不同方法的比較，以找出紅藜永續利用時，適當貯存條件。

(七) 統計分析

各項實驗皆經三重覆以上採樣檢測，將所得實驗數據使用SAS軟體進行統計分析，並作顯著性差異、Pearson相關性比較。

(八) 紅藜果穗保鮮技術之分析

取紅藜果穗，並以一般瓶插水為控制組與添加 8HQS、蔗糖(Ichimura K. 1998.)、乙烯吸收劑、CO₂及PE袋包裝保鮮進行比較。

1. 紅藜切花瓶插色素變化及瓶插壽命之分析

利用分光光度計測定紅藜切花瓶插第0天及萎凋後A₅₃₀之吸光值，並評估其瓶插壽命。

2. 紅藜切花瓶插失重分析

測定紅藜新鮮重量及萎凋後重量並計算出其失重百分比。

計算： $[(\text{新鮮重量} - \text{萎凋後重量}) / \text{新鮮重量}] \times 100\%$

參、結果與討論

一、微細加工研磨之紅藜穀粉粒徑大小分析

(一) 奈米濕式研磨粒徑分佈及最適研磨方法

紅藜利用實驗型奈米濕式研磨機在不同研磨時間下其粒徑分佈情形，可利用動態雷射光散色儀(Dynamic Light Scattering; DLS)觀察其粒徑分佈狀況分析結果發現，研磨後，其平均粒徑分佈約在 100-200 nm 之間，此可能係因紅藜中成分複雜，含蛋白質、澱粉、膳食纖維等等物質，會因研磨後而呈現堆疊的現象，而影響粒徑分佈情形。除此初步分析其粒徑分佈情形之外，研磨後的粒徑大小，需以電子顯微鏡做進一步的觀察，結果顯示，其粒徑皆約在 20 nm 左右，亦即粒徑大小皆小於 100 nm，因此符合奈米技術之定義。奈米技術注重在小於 100 nm 以下生物及非生物結構的特性、製造及運用上。(Weiss *et al.* 2006)。Chau 等 (2007)學者在文獻中也將奈米科技定義為凡研究介於約 1-100 奈米(nm)的原子、分子或聚分子的結構、現象、基本性質的相關科技。

二、不同微細加工紅藜穀粉色素品質特性及營養成分分析

研磨後不同粒徑大小紅色品種紅藜水萃液之可見光光譜掃描圖，紅色品種紅藜種子水萃液分別在 480 nm 及 530 nm 各有一吸收波峰。Betalains 為溶性含氮色素，其呈色主要是由共軛不飽和雙鍵的存在所引起的共振結構，共軛不飽和雙鍵系統會吸光而激發波長，因而呈色。一為在波長 480 nm 有吸收波峰的 betaxanthins，另一為在波長 530 nm 下有吸收波峰的 betacyanins。可以發現粒徑愈小者，其 A_{480} 及 A_{530} 值會愈高。推測經微細加工製成粉末的紅藜穀粉其表面積增加，因能均勻的分散在萃取液中，而提高水溶性色素成份的溶出及萃取所致。

紅藜種子含豐富的機能性營養物質，如醣類、蛋白質、脂質、及礦物質等，且其紅色外殼含有具抗氧化力的機能性甜菜色素。紅藜含有多量的天門冬胺酸、麩胺酸、精胺酸等，具有保護神經系統、抵抗心血管疾病及提升免疫力等機能的胺基酸，尤有甚者，紅藜含有白米中所缺乏的限制胺基酸離胺酸，是好用米食的國人很好的營養補充物，在經由微細加工後，粒徑愈小的紅藜穀粉水解胺基酸含量、醣類、蛋白質及微量礦物質元素稍有增加之趨勢。在蛋白質及微量礦物質元

素方面，也因微細加工使粒徑愈小的穀粉可溶性蛋白質溶出愈多，種子中的微量元素可能也因微細化後而釋出。

三、不同微細加工省產紅藜穀粉之抗氧化活性等機能性成分測定

(一) 抗氧化力及其相關成份分析

本研究將紅藜紅色種子以不同微細加工方法(超微細研磨、奈米濕式珠磨機研磨)研磨成粉末狀穀粉，並以連續萃取將所得之水萃液，進行抗氧化活性分析。分析其抗氧化能力發現，完整的紅藜種實(IG)、超微細研磨(MP)與奈米濕式珠磨機研磨(NP)之紅藜穀粉，其抗氧化力隨著粒徑減少而增加。推測可能因研磨後提高色素及酚類化合物萃取所致。

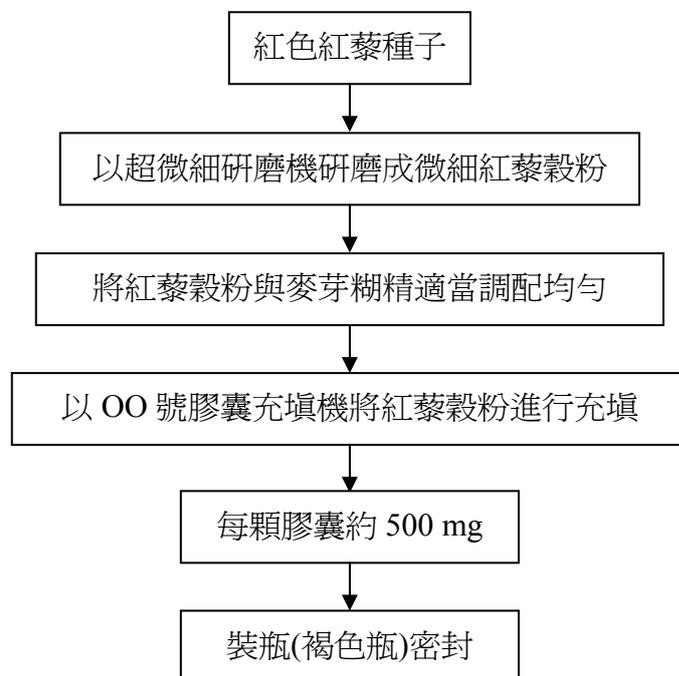
(二) 紅藜色素及酚類化合物之高效能液相層析儀(HPLC)分析

而甜菜色素是 *betalamic acid* 的衍生物，約有 50 種的紅色色素，統稱為 *betacyanins* 色素，一般以 A_{530} 代表其含量，另外還有 20 種之黃色色素，命名為 *betaxanthin*。其中 *betacyanins* 在自然界最常以 *betanin* 或 *isobetanin* 兩種形式同時存在，且 *betanin* 含量大於 *isobetanin*。以 HPLC 分析後也發現，研磨後粒徑愈小者，萃取出甜菜色素含量愈高，推測可能也因粒徑愈小表面積愈大，而提高色素成分的萃取所致。

在酚類化合物方面，紅藜穀粉的酚類化合物含量均以 NP 為最高，其次為 MP，未經研磨者為最少。因此，可由此分析結果發現，粒徑愈小者，所萃取出得酚類含量會愈高。

四、紅藜永續利用產品之開發與儲藏試驗

(一) 紅藜膠囊之製作如下：

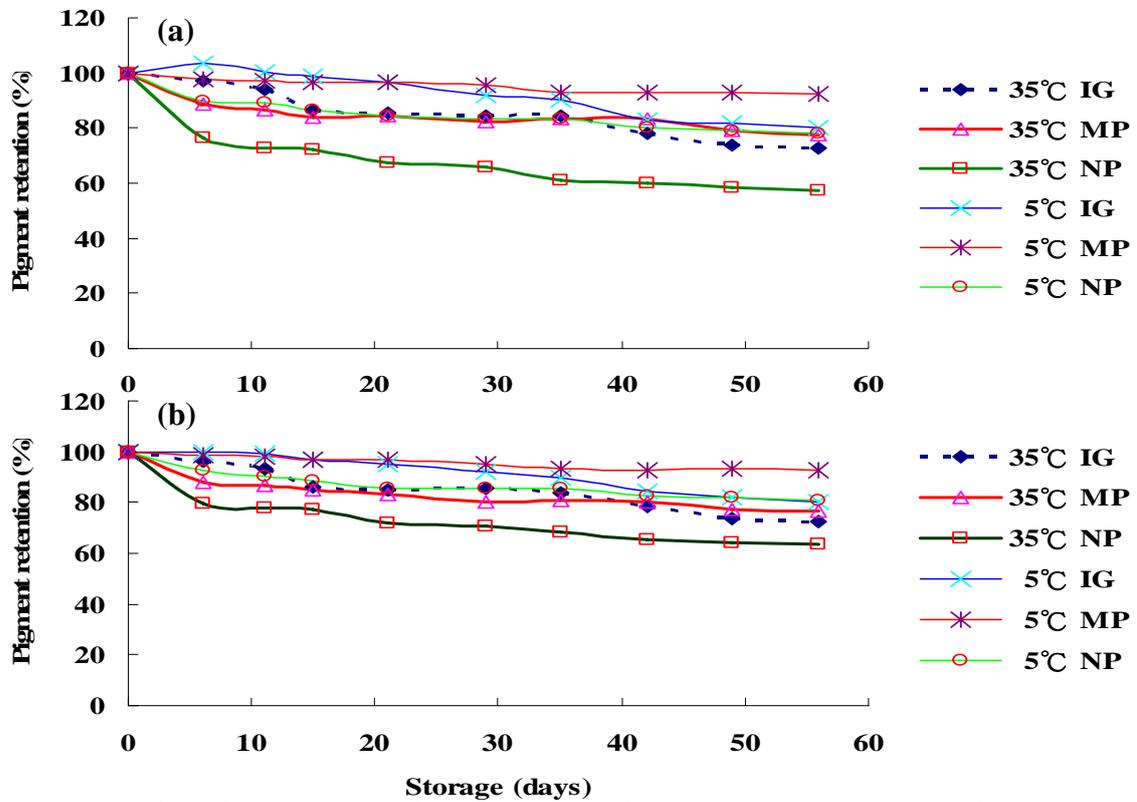


1. 不同粒徑大小紅藜貯藏穩定性分析

微細加工研磨後的紅藜穀粉於 5°C 及 35°C 溫度下進行貯藏，其色素殘留率方面，如圖二所示。在 A₄₈₀ 波長之色素殘留率中，由圖二可以發現，溫度愈高色素降解愈快。在 35°C 貯藏 8 週發現，NP 穀粉色素降解最為嚴重，其次則為 MP 及 IG，其色素殘留率分別為 57.11%、77.45% 及 72.56%。貯藏在 5°C 時，也以 NP 最差，其色素殘留率分別為 78.18%、92.21% 及 80.30%。在 A₅₃₀ 波長之色素殘留率中也有類似的現象，在 35°C 貯藏 8 週以 NP 色素殘留率最少，其次則為 MP 及 IG，其色素殘留率分別為 63.53%、76.36% 及 72.25%。貯藏在 5°C 時，其效果優於 35°C，其色素殘留率分別為 79.82%、92.47% 及 80.13%。此結果推測可能因 NP 穀粉表面積較大，與空氣接觸面增加，進而易使色素產生裂解現象。所以色素因貯藏在低溫，與空氣接觸少的地方，例如真空等條件下貯藏。

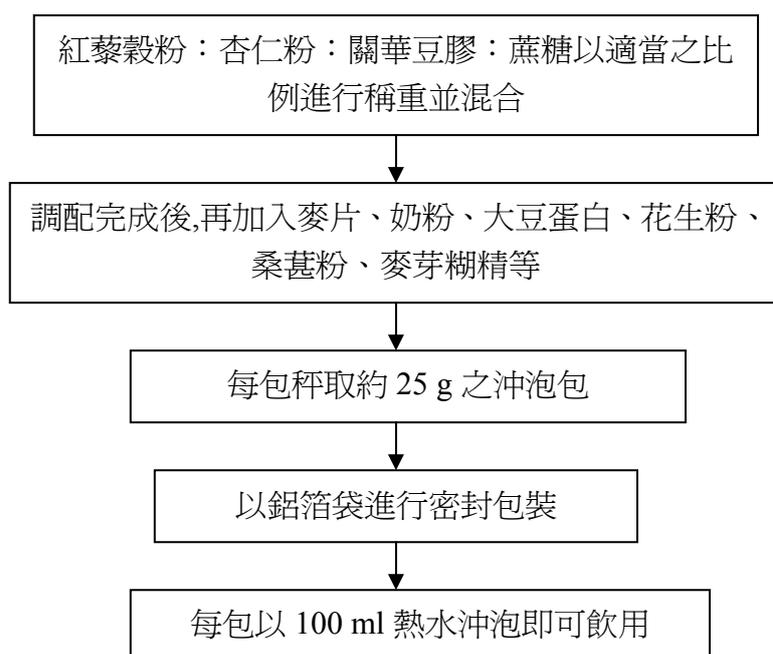
在抗氧化及其相關物質分析方面，貯藏溫度愈低抗氧化力愈能保持在穩定的狀態。依曲線下降的趨勢進行觀察後發現，以 NP 穀粉曲線下降趨勢最為明顯，其次則為 MP 及 IG，推測可能也因穀粉粒徑愈細微，與空氣接觸之表面積

愈大，而使穀粉產生氧化之現象有關。故未來應將微細加工研磨後紅藜妥善包裝，以避免微細化後紅藜色素備空氣中氧氣養化的現象能，此將能有效穩定紅藜之色素，降低紅藜產生氧化降解的現象。



圖二、不同微細加工紅藜穀粉於不同溫度下貯藏(a)A₄₈₀及(b)A₅₃₀色素殘留率之變化

(二) 紅藜沖泡包製作如下：



1. 紅藜沖泡包調配比例之分析

將紅藜研磨成粉末後製成沖泡包，利用田口法(四因子三階層)，找出沖泡包配製條件，經官能品評之整體接受度分析結果後進一步分析出最適配方。

2. 沖泡包貯藏色素穩定性分析

經適當比例調配完成之紅藜沖泡包，分別在 15°C 及 35°C 進行貯藏試驗分析，結果如表一所示。沖泡飲品中其紅色度(a 值)及彩度(Chroma 值)會隨時間及溫度增加而有降低的趨勢。反之，亮度(L 值)、黃色度(b 值)、色相角度(Hue 值)及 ΔE 均隨時間及溫度增加而有提高的現象，因此沖泡包因適當的貯藏在低溫條件下，使其中紅藜的色素能保持較穩定的狀態，不至於產生降解之現象。

五、統計分析

SAS 統計分析發現(表二)，紅色度 Hunter a 值與 A_{480} 、 A_{530} 、DPPH 自由基清除能力及 FRAP 還原力等，皆呈現高度的相關性，顯示隨著紅色度、 A_{480} 、 A_{530} 增加，紅藜穀粉的抗氧化力也隨之增加。

表一、紅藜沖泡包於不同溫度貯藏 75 天期間沖泡液色澤之變化

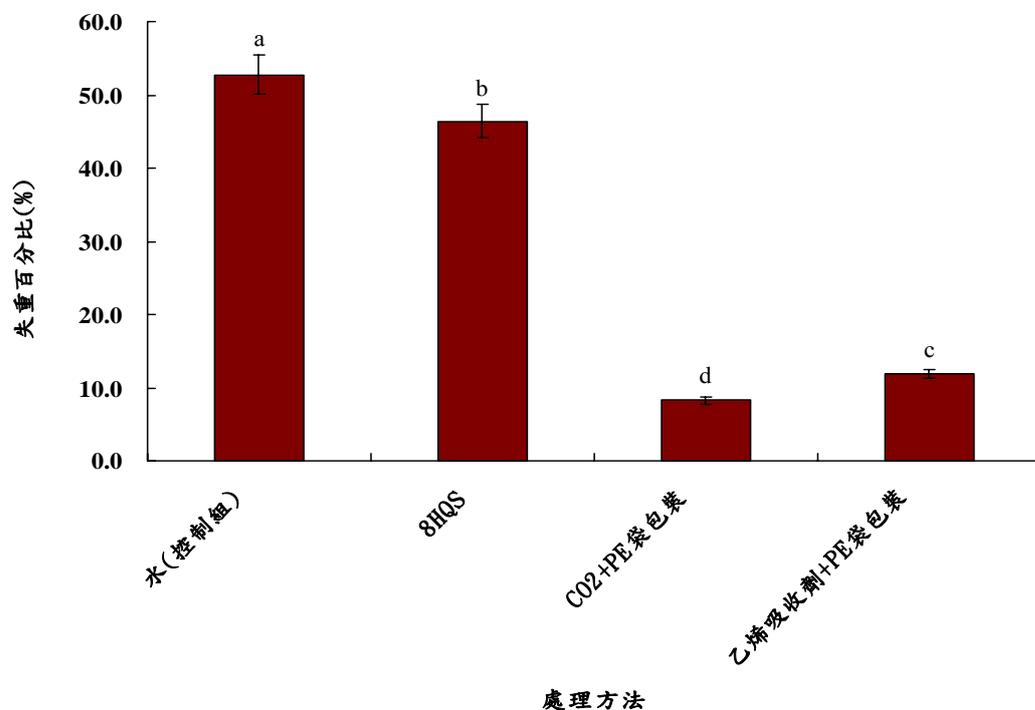
溫度(°C)	天數	L	a	b	Chroma	Hue	△E
15	0	42.89 ^c	12.77 ^b	5.80 ^d	14.03 ^c	24.40 ^e	0.00 ^d
	28	41.24 ^d	11.14 ^c	5.27 ^e	12.32 ^e	25.34 ^d	2.38 ^c
	42	44.20 ^b	13.07 ^a	7.50 ^c	15.07 ^a	29.86 ^b	2.17 ^c
	70	43.97 ^b	9.76 ^d	7.89 ^b	12.55 ^d	39.03 ^a	3.82 ^b
	75	45.32 ^a	10.96 ^c	8.32 ^a	14.31 ^b	27.71 ^c	4.09 ^a
35	0	42.89 ^c	12.77 ^a	5.80 ^e	14.03 ^a	24.40 ^e	0.00 ^e
	28	39.46 ^e	11.54 ^b	6.34 ^d	13.19 ^c	28.69 ^d	3.69 ^c
	42	42.83 ^d	11.40 ^c	7.84 ^b	13.83 ^d	34.51 ^b	2.46 ^d
	70	47.73 ^a	10.67 ^d	6.77 ^c	12.63 ^b	32.41 ^c	5.36 ^b
	75	46.07 ^b	6.99 ^e	8.75 ^a	11.20 ^e	51.31 ^a	7.23 ^a

表二、不同粒徑大小之紅藜顏色、總酚、抗氧化力之相關性分析之變化

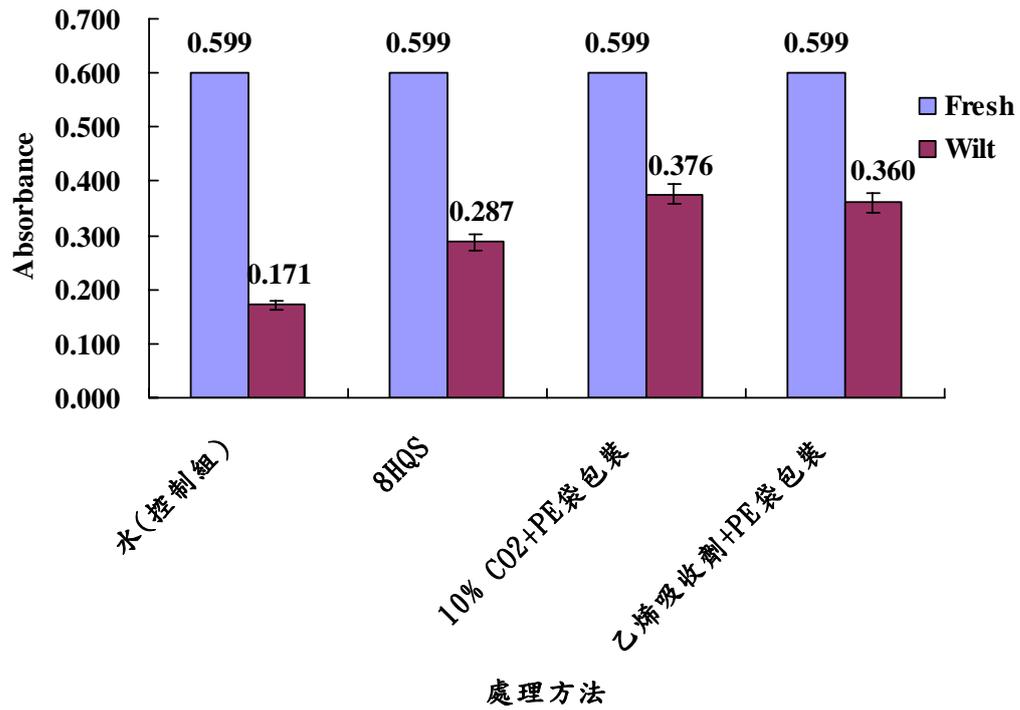
	A ₄₈₀	A ₅₃₀	FRAP	DPPH	總酚	L	Hunter a	Hunter b	ΔE
A ₄₈₀	1.00	0.99***	0.96***	0.94***	0.89***	0.76***	0.94***	0.25	0.84***
A ₅₃₀		1.00	0.95***	0.94***	0.89***	0.78***	0.93***	0.27	0.85***
FRAP			1.00	0.93***	0.82***	0.66***	0.89***	0.16	0.82***
DPPH				1.00	0.95***	0.76***	0.92***	0.37	0.66***
總酚					1.00	0.87***	0.87***	0.57***	0.58***
L						1.00	0.61***	0.78***	0.49**
Hunter a							1.00	0.14	0.79***
Hunter b								1.00	0.14
ΔE									1.00

六、紅藜果穗保鮮技術之分析

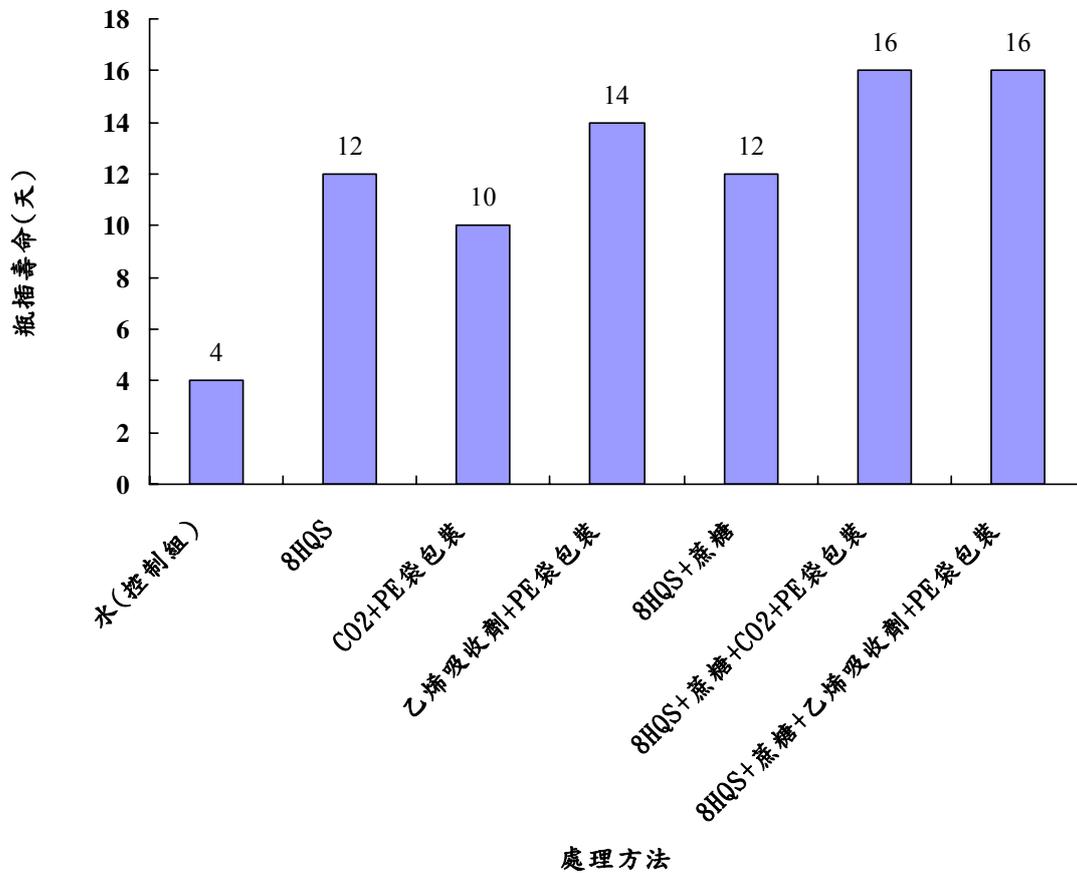
利用一般瓶插花為控制組與添加 0.02% 8HQS、5% 蔗糖、5 g 乙烯吸收劑、10% CO₂ 及 PE 袋包裝保鮮進行比較並進行搭配試驗，以找出最適保鮮方法。在失重百分比方面，如圖三所示，有利用 PE 袋包裝保鮮，其失重較少，且以填充 CO₂ 失重最少，但也因 PE 帶不透氣濕度高，而使果穗有發芽或發霉之現象。保鮮過程紅藜切花顏色變化如圖四所示，其顏色褪色程度則以無利用 PE 袋包裝者最快，而填充 10% CO₂+PE 夾鏈袋包鮮之組合褪色程度較無利用 PE 袋包裝者趨於緩和。在瓶插壽命方面，如圖五所示，以搭配試驗的組合其瓶插壽命較長，利用 0.02% 8HQS+5%蔗糖+5g 乙烯吸收劑或 10% CO₂+PE 夾鏈袋包鮮之組合為最佳。紅藜果穗瓶插期間之變化如表四及五所示，由表中可發現以搭配試驗組合的切花其萎凋程度則趨於緩慢，以 0.02% 8HQS+5%蔗糖+5g 乙烯吸收劑+PE 夾鏈袋保鮮之組合為最佳，有利於紅藜果穗切花保鮮之應用，以提高切花市場利用性。



圖三、紅藜切花瓶插失重百分比

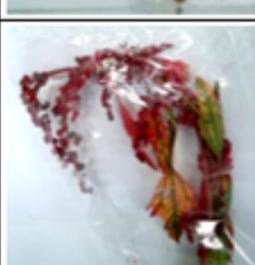
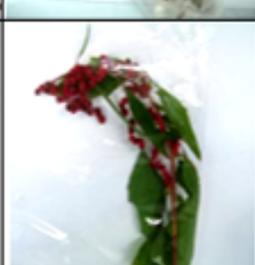


圖四、紅藜切花瓶插期間顏色褪色程度

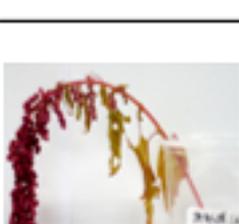
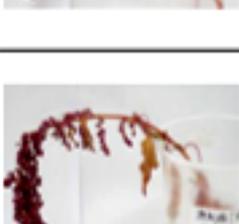
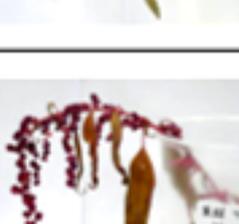


圖五、不同保鮮處理紅藜切花瓶插壽命

表四、紅藜切花保鮮期間型態變化

處理 天數	控制組(水)	8HQS	CO ₂ +PE 袋包裝	乙烯吸收劑+PE 袋包裝
0 天				
2 天				
4 天				
萎凋天數	4 天	12 天	10 天	14 天
型態				

表五、不同搭配組合試驗紅藜切花保鮮期間型態之變化

處理 天數	控制組(水)	SHQS+蔗糖	SHQS+蔗糖 +CO ₂ +PE 袋包裝	SHQS+蔗糖+乙烯吸 收劑+PE 袋包裝
0 天				
2 天				
4 天				
10 天				
萎凋天數	4 天	12 天	16 天	16 天
型態				

伍、結論

紅藜以不同微細加工方法所得之紅藜穀粉，粒徑愈小其營養成分、甜菜色素、總酚、抗氧化能力、酚類物質，會因微細化後而提高，可能因微細加工後表面積增加，提高了質傳的效果，使得機能性成分的取得也隨之增加。此加工方法的應用能使紅藜具有發展成機能性產品的潛力，並提供紅藜在食品加工市場的利用性。由於溫度與包裝方法會影響紅藜色素之呈色進而影響其抗氧化力，永續利用時應注意加工條件之設定。若加以搭配運用確實可以為紅藜開創一個永續利用的新方向，增加其經濟價值。在紅藜切花保鮮技術方面，利用 PE 袋包裝保鮮的紅藜切花，其失重較少。並以 0.02% 8HQS+5%蔗糖+5g 乙烯吸收劑+PE 夾鏈袋保鮮之搭配組合為最佳，瓶插壽命也較長，有利於紅藜果穗切花保鮮之應用，以提高切花市場利用性。

陸、參考文獻

1. 吳立詮。2005。以細胞培養模式評估薑黃素奈米微粒之生物活性。國立臺灣海洋大學碩士論文。
2. 黃督方。2004。蕃石榴果汁澄清化處理與儲藏穩定性之探討。國立屏東科技大學碩士論文。
3. 謝麗敏。2003。兩種紅肉火龍果(*Hylocereus* spp.)加工特性之比較。國立中興大學碩士論文。
4. 羅珮文，2001，台灣數種特有水果抗氧化活性及清除自由基能力之評估，輔仁大學碩士論文。
5. Bhargava A, Shukla S, Ohri D. 2006. *Chenopodium quinoa*— An Indian perspective. *Industrial Crops and Products* 23: 73–87.
6. Deutsch M. J. 1984. Vitamins and other nutrients, In: Williams S. Official methods of analysis. The Association of Official Analytical Chemists. p844-845.
7. Faraji, H. and Lindsay C. 2005. Antioxidant protection of bulk fish oils by dispersed sugars and polyhydric alcohols. *Agricultural and Food Chemistry* 53: 736-44.
8. Florian C. Stintzing, Andreas Schieber, Reinhold Carle. 2002. Betacyanins in fruits from red-purple pitaya, *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose. *Food Chemistry* 77:101-6.
9. Gao H, Chen H, Chen W, Tao F, Zheng Y, Jiang Y, Ruan H. 2008. Effect of nanometer pearl powder on calcium absorption and utilization in rats. *Food Chemistry* 109: 493–8.
10. Ichimura K. 1998. Improvement of Postharvest Life in Several Cut Flowers by the Addition of Sucrose. *JARQ* 32: 275-80.
11. Jacobsen, S. E., and Stplen O. (1993) Quinoa - Morphology and phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *European Journal of Agronomy* 2: 19-29.
12. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-8.
13. Reinbach HC, Meinert L, Ballabio D , Aaslyng MD, Bredie WLP, Olsen K,

- Moller P. 2007. Interactions between oral burn, meat flavor and texture in chili spiced pork patties evaluated by time-intensity. *Food Quality and Preference* 18: 909–19.
14. Stintzing F.C., Schieber A. and Carle R. 2002. Betacyanins in fruits from red-purple pitaya, *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose. *Food Chemistry* 77:101-6.
15. Weiss J, Takhistov P, McClements DJ. 2006. Functional Materials in Food Nanotechnology. *Journal of Food Science* 71: 107–16.
16. Zhang M, Zhang CJ, Shrestha S. 2004. Study on the preparation technology of superfine ground powder of *Agrocybe chaxingu* Huang. *Journal of Food Engineering* 67: 333–7.

公開

密件、不公開

執行機構（計畫）識別碼:110401e103

行政院農業委員會林務局九十七年度科技計畫研究報告

計畫名稱： 紅藜抗氧化物含量及抗氧化酵素活性分析(第 3 年／
全程 3 年)

(英文名稱) **Characterization of antioxidant enzyme and
compound in the different quinoa races**

計畫編號： 97 農科-11.4.1-務-e1(3)

全程計畫期間： 95 年 1 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

本年計畫期間： 97 年 3 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

計畫主持人： 劉景煌

執行機關： 國立中山大學

合作機關： 國立高雄大學

民族植物紅藜的永續利用研究—紅藜抗氧化物含量及抗氧化酵素活性分析

執行單位：國立中山大學生命科學系

計畫編號：97 農科-11.4.1-務-e1(3)

計畫主持人：劉景煌 教授

協同主持人：葛孟杰 助理教授

E-mail: zhliu@mail.nsysu.edu.tw

mangjye@nuk.edu.tw

摘要

在今年度計畫中，我們將比較不同紅藜品系間抗氧化酵素及抗氧化物含量。在 Ascorbate peroxidase (POD)活性分析方面，以紅種紅藜活性較強。在 Catalase (CAT)活性分析方面，以黃種紅藜活性較強。在 Superoxide dismutase (SOD)活性分析方面，以花蓮種紅藜活性最強。而在抗氧化物維他命 C 含量三者差異不大，含量最高者為黃種老葉為 $4.80\mu\text{mol/g}$ 。三品系種子在發芽時均會大量累積過氧化物 H_2O_2 以利種子萌發。

關鍵字: 紅藜、抗氧化酵素、抗氧化物

Abstract

In this project, antioxidant enzymes and compound were isolated from three races of quonia and characterized their activity and amount. Red race quonia can express strongest ascorbate peroxidase (POD) activity than that of other two races. Compared their catalase (CAT), yellow race quonia showed highest activity. Additionally, hulain race quonia contained best superoxide dismutase (SOD) activity. In other hands, there is no significant differentment between three races in Vit C contents. We also found H₂O₂ accumulation in three races quonia during seed germination.

Key words: Quinoa, Sugar, Amylase

壹、前言

推廣民族植物之應用與永續經營為農委會施政項目之一，其中紅藜是原住民重要的栽種作物之一。全球藜科植物分成11族，共約110屬，1500種左右，自史前時代至今供應人類蔬菜及糧食食用。現存藜科植物的分佈中心應該是中亞地區，其中*Chenopodium* L.是本科植物的代表屬，也是藜族*Chenopodieae* C. A. Mey.中最原始的屬，估計約有120種左右。藜屬植物已被視為重要民族植物，在世界原住民族的食用作物歷史發展中，藜屬植物向來被當作是與小米及玉米同樣的作物。藜科植物在抗逆境上如乾旱或適應貧瘠土地的能力非常優良，其生長期短，並具有很高的光合作用潛力。國內紅藜之記錄首見於角板山地區泰雅族人的採集調查報告，而在針對該物種之農藝生產進行田間試驗研究中，對於該物種之學名及種源出處，未見分類處理。目前在中山大學楊遠波老師以植物解剖學及分子遺傳學確認紅藜學名為 *Chenopodium formosanum* Koidz，中文應翻譯成“台灣藜”較為恰當。

紅藜之傳統利用方式包括：(1)食用：曬乾脫粒後之種子煮粥食用、蒸熟後種子添加入部落傳統年糕中食用、嫩葉供蔬菜使用；(2)裝飾用：鮮紅嫩葉可供婦女臉頰及嘴唇化妝、成熟花序供頭飾花環使用；(3)毒魚用：種子及乾燥之花被片泡水後之浸泡液可供溪流中毒魚使用；(4)釀酒用：紅藜麩粉與蒸熟小米混合釀酒；(5)其它：乾燥莖供小米旱地肥份使用。雖然針對紅藜的利用方式相當廣泛，然而卻欠缺相關科學研究可增加其附加價值。於前期計畫中發現，紅藜種子富含澱粉及糖類，並且可表現兩種澱粉酶之活性。此外，其他子計畫亦分析出紅藜富含抗氧化物質。綜合上述兩個研究結果，紅藜在釀酒工業與健康食品產業上應具有相當之發展潛力應用；故今年計畫之目的在於對紅藜抗氧化酵素做進一步的特性分析，以利將來在產業上的利用。

人體代謝會產生大量過氧化物(reactive oxygen species,ROS)。ROS 會傷害細胞、組織與 DNA 並促使細胞老化，然而適量之 ROS 對細胞分化而言也是必要的。載生物體內主要依靠抗氧化酵素與抗氧化物質來清除這些自由基。而在臨床上抗氧化酵素與抗氧化物質早已應用在心血管疾病的治療。本年度計畫目標在於分析不同品系紅藜不同組織中抗氧化質與抗氧化酵素活性分析，以提高紅藜作為健康食品的附加價值。不同品系之紅藜種子、幼葉及老葉總量蛋白將被純化並分析抗氧化酵素的活性差異。在抗氧化酵素方面主要針對 Ascorbate peroxidase (POD)、Superoxide dismutase(SOD)、Catalase (CAT)三者。而紅藜所含之抗氧化物 Ascorbate 與 Glutathion 含量也將分析比較。

貳、材料及方法

一、紅藜種子採集

目前共取得紅藜三種品系(黃色、紅色與花蓮品系)，採收後之種子經乾燥後儲存於 4°C 冰箱備用。

二、蛋白質含量的測定：

實驗中測量蛋白質含量的方法是使用Bio-Rad 公司的蛋白質微量檢測法 (Bio-Rad Protein Assay microassay procedure)。首先準備1至10 $\mu\text{g/ml}$ 的BSA溶液作為標準蛋白溶液。將0.8 ml的標準蛋白溶液與待測蛋白質溶液分別置於乾淨的試管中。各加入0.2 ml的染色試劑(Dye Reagent Concentrate)，混合均勻，並避免產生氣泡。五分鐘後，各取200 μl 的混合液，加到96孔的培養皿之一孔中，並取三次作三次重複試驗。在一小時內，以光譜儀測其595nm的吸光值(OD_{595})，並將每個樣本所得的三個吸光值加以平均，即為此樣本的吸光值。把標準蛋白溶液的吸光值對蛋白質濃度作圖，畫出迴歸直線，再將待測蛋白的吸光值代入，以內插法算出其蛋白質濃度。

三、Ascorbate peroxidase活性分析

以50 mM磷酸緩衝液(pH 7.0) 萃取。1 ml reaction mixture裡含有50 mM potassium phosphate (pH 7.0), 0.5 mM ascorbate, 0.1 mM H_2O_2 與 0.1 mM EDTA。此反應在 加入 H_2O_2 或Ascorbate peroxidase即進行記錄10-30秒內290 nm的吸光值變化。

四、Superoxide dismutase活性分析

以50 mM磷酸緩衝液(pH 7.4)含有0.1mM EDTA萃取。利用 β -mercaptoethanol 與 MnCl_2 反應產生 O_2^- ，SOD可以抑制 O_2^- 將NADH氧化成 NAD^+ 而減緩340 nm吸光值的下降速率。1 unit 的SOD定義為抑制50% NADH吸光值下降。

五、Catalase 活性分析

以50 mM磷酸緩衝液(pH 6.8)萃取。取適量蛋白質粗抽液加入H₂O₂，量測H₂O₂在240 nm的下降速率。1 unit 活性定義為每分鐘H₂O₂下降1 nmol的速率。

六、Ascorbate含量測定

葉片約0.1g以6% (w/v)TCA (Sigma, T6399) 並加入液態氮研磨成粉狀，置於冰上溶解成均質。離心，取上清液進行分析。還原態的Ascorbate 會將Fe³⁺還原成Fe²⁺，然後Fe²⁺與2,2-dipyridyl形成具有顏色的複合物，利用525 nm定量。定量總ascorbate 是將存在樣品的氧化態ascorbate經由DTT(dithiothreitol)還原成還原化態ascorbate，再以上述呈色反應。最後，利用總量ascorbate減還原態ascorbate，得到氧化態ascorbate。分別以 ascorbate及dehydroascorbate標準液製作還原態及氧化態ascorbate的標準曲線。

七、Glutathion含量測定

NADPH 與 glutathione reductase 存在下將 GSSG 還原成 GSH，然後GSH 還原5,5-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid)，以 412nm 測總 glutathione 含量。當樣品加入4-vinylpyridine時將樣品中GSH 去除並利用 triethanolamine (TEA)中和，測量氧化態Glutathione。用總量glutathione扣減氧化態含量得到還原態glutathione含量。

八、過氧化物含量測定

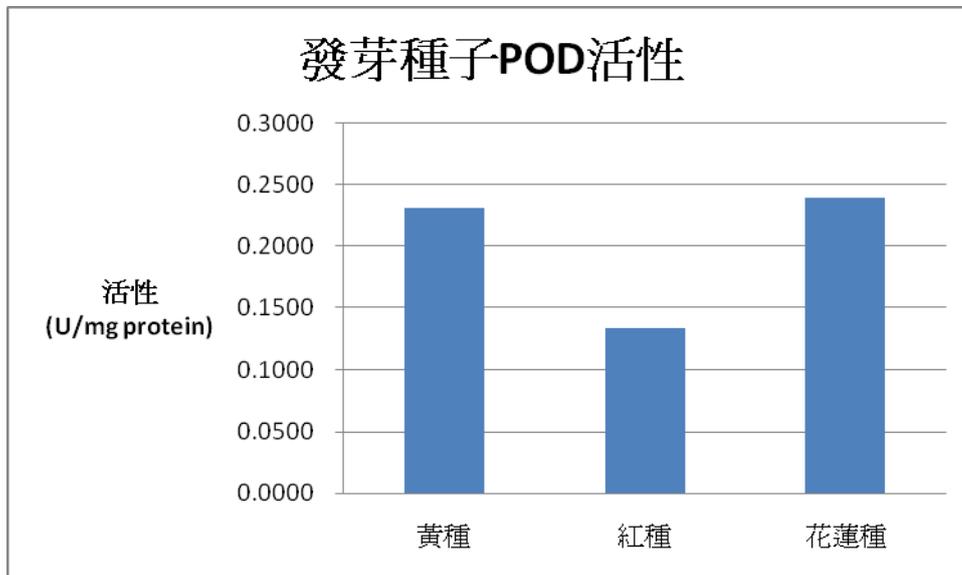
取葉片組織秤重後，加入 1000 μ l 10 mM 3-amino-1,2,4-triazole 研磨。以6000xg，4 $^{\circ}$ C 離心 25 分鐘。再取上清液 100 μ l 與 900 μ l 反應液混合（反應液中含有 100 μ l 2.5mM FeSO₄·7H₂O，100 μ l 1mM Xylenol orange，100 μ l 1M Sorbitol，100 μ l 250 mM H₂SO₄，600 μ l ddH₂O），避光反應 30 分鐘。H₂O₂ 將反應液的 Fe²⁺氧化成 Fe³⁺，Fe³⁺再與 Xylenol orange 反應，使得 Xylenol Orange 的顏色從黃色轉為粉紅色。最終反應液以 560 nm 波長測定其吸光值。

參、研究結果

一、不同品系紅藜於不同時期之Ascorbate peroxidase (POD)活性分析

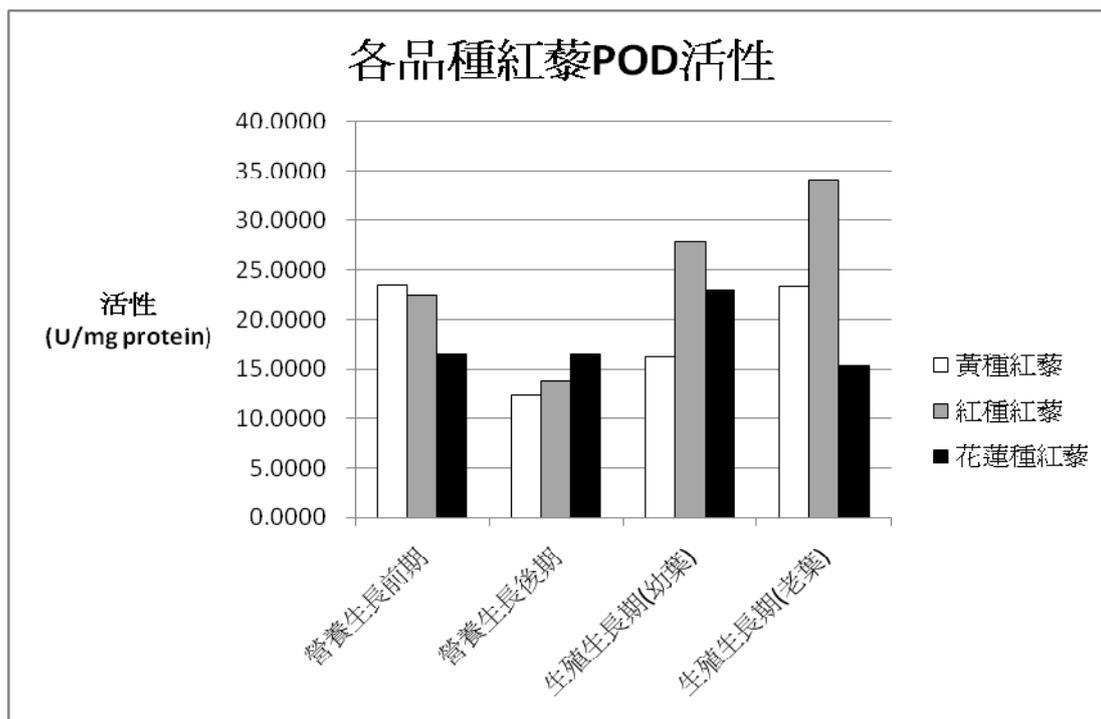
不同品系紅藜於萌芽後四小時、營養生長前期、營養生長後期或生殖生長期萃取總量蛋白，並分析其 Ascorbate peroxidase(POD)活性。如圖一所示，發芽種子之 POD 活性以花蓮種最高為 0.24 U/mg protein，黃種與其相差不大，只略低 3.48%；紅種則只有其 55.76%的活性。

其他時期之活性則如圖二所示。紅藜成長植株的 POD 活性在營養生長後期較其他時期低約 40~70%；而在生殖生長期的活性較高。以黃種而言，營養生長前期與生殖生長期老葉的活性相當，為 23.4 U/mg protein，營養生長後期只有 53%的活性，生殖生長期幼葉則為 69%；以紅種而言，生殖生長期老葉的活性較其他時期高許多為 34.0 U/mg protein，營養生長後期也是最低只有 40%，營養生長前期則只有 66%活性；比較特別的是花蓮種，除生殖生長期幼葉活性較高為 22.9 U/mg protein 外，其他時期都只有 70%左右的活性。



圖一、不同品系紅藜於萌芽後四小時 Ascorbate peroxidase (POD)活性分析
不同品系紅藜於萌芽後四小時萃取總量蛋白，並分析其 POD 活性。

整體而言紅種紅藜POD活性較黃種與花蓮種高。在營養生長前期，黃種紅藜活性最高為23.4 U/mg protein；紅種則有95.5%；花蓮種只有70.5%。在營養生長後期，花蓮種活性最高為16.5 U/mg protein 100%；紅種則有85%；黃種只有75%。在生殖生長期幼葉，紅種紅藜活性最高為100%；花蓮種則有82%；黃種只有58%。在生殖生長期老葉，紅種紅藜活性最高為27.8 U/mg protein；黃種則有68.5%；花蓮種只有45%。



圖二、不同品系紅藜於營養生長前期、營養生長後期或生殖生長期 Ascorbate peroxidase(POD)活性分析。

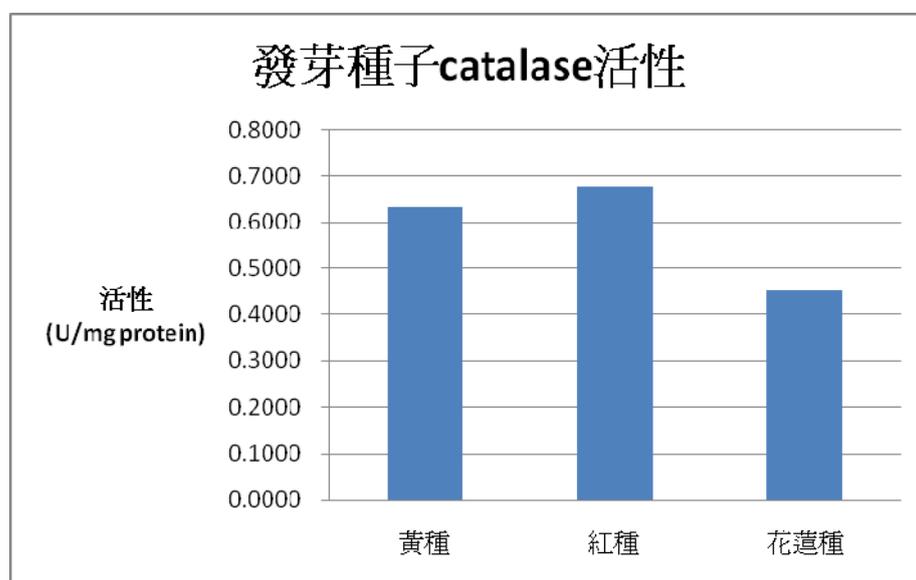
不同品系紅藜於營養生長前期、營養生長後期或生殖生長期萃取葉片總量蛋白，並分析其 POD 活性。

二、不同品系紅藜於不同時期之Catalase (CAT)活性分析

不同品系紅藜於萌芽後四小時、營養生長前期、營養生長後期或生殖生長期萃取總量蛋白，並分析其 Catalase (CAT)活性。如圖三所示，發芽種子之 CAT 活性以紅種最高為 0.68 U/mg protein，黃種略低 6.5%；花蓮種最低只有 66.5%。

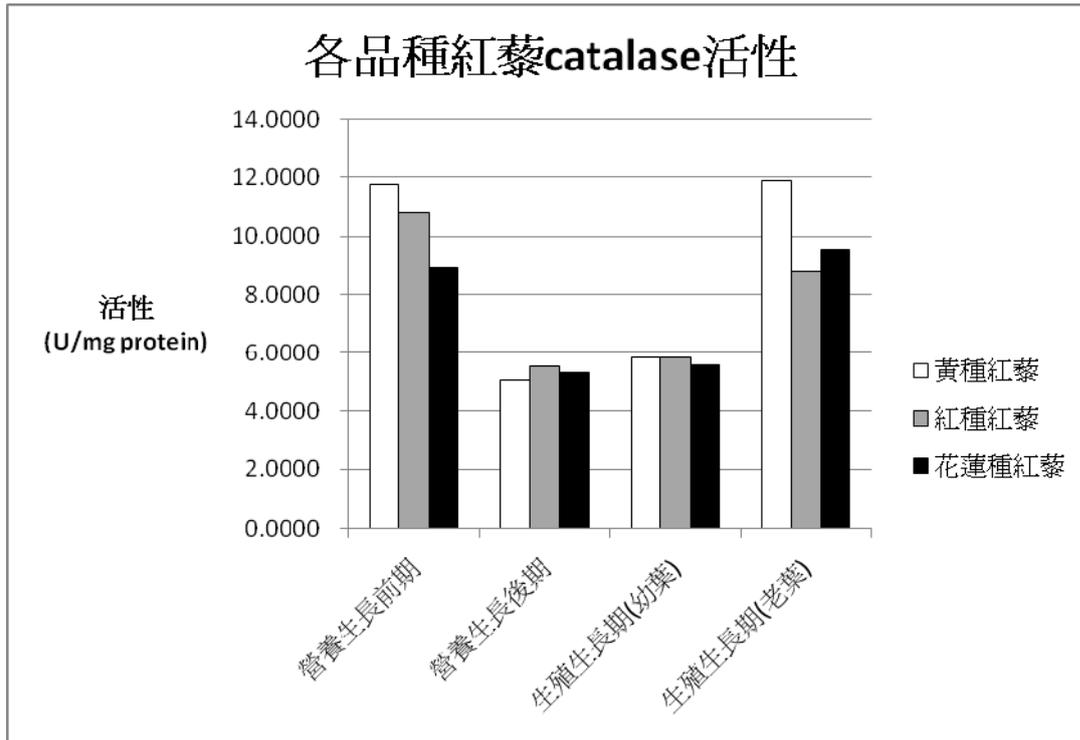
其他時期之活性則如圖四所示。紅藜成長植株的 CAT 活性在營養生長前期及生殖生長期老葉較高；而在營養生長後期及生殖生長期幼葉較低。以黃種而言，營養生長前期與生殖生長期老葉的活性相當，為 11.8 U/mg protein，營養生長後期及生殖生長期幼葉則只有 40~50%活性；以紅種而言，營養生長前期活性最高為 10.8 U/mg protein，生殖生長期老葉則有 81.3%，營養生長後期及生殖生長期幼葉只有 50%左右；而花蓮種 CAT 活性最高是生殖生長期老葉為 9.6 U/mg protein，營養生長前期有 93.1%，營養生長後期及生殖生長期幼葉只有 55%左右。

營養生長前期，黃種紅藜活性最高為 11.7 U/mg protein；紅種則有 92%；花蓮種只有 76%。在營養生長後期，紅種活性最高為 5.5 U/mg protein；花蓮種則有 96.6%；黃種為 91.9%，三者相差不大。在生殖生長期幼葉，紅種紅藜活性最高為 5.8 U/mg protein；黃種則有 99.7%；花蓮種也有 95.7%。在生殖生長期老葉，黃種紅藜活性最高為 11.9 U/mg protein；花蓮種則有 80.5%；紅種只有 74%。



圖三、不同品系紅藜於萌芽後四小時 Catalase (CAT)活性分析

不同品系紅藜於萌芽後四小時萃取總量蛋白，並分析其 CAT 活性。1 unit 活性定義為每分鐘 H_2O_2 下降 1 nmol 的速率。



圖四、不同品系紅藜於營養生長前期、營養生長後期或生殖生長期 Catalase (CAT) 活性分析。

不同品系紅藜於營養生長前期、營養生長後期或生殖生長期萃取葉片總量蛋白，並分析其 CAT 活性。1 unit 活性定義為每分鐘 H₂O₂ 下降 1 nmol 的速率。

三、不同品系紅藜於不同時期之 Superoxide dismutase (SOD)活性分析

不同品系紅藜於萌芽後四小時、營養生長前期、營養生長後期或生殖生長期萃取總量蛋白，並分析其 Superoxide dismutase (SOD)活性。如圖五所示，發芽種子之 SOD 活性以黃種最高為 15.4 U/mg protein，花蓮種略低有 72.8%；紅種最低只有 55%左右的活性。

紅藜成長植株的 SOD 活性在營養生長前期及生殖生長期老葉較高；而在生殖生長期幼葉最低。以黃種而言，營養生長前期活性最高為 83.9 U/mg protein，營養生長後期及生殖生長期老葉則有 50~60%活性，生殖生長期幼葉則只剩 20%左右；以紅種而言，營養生長前期活性最高為 101.0 U/mg protein，生殖生長期老葉則有 47.1%，營養生長後期及生殖生長期幼葉只有 15%左右；而花蓮種 SOD 活性最高是營養生長前期為 144.8 U/mg protein，生殖生長期老葉則有 69.4%，營養生長後期有 42%，生殖生長期幼葉只有 11%左右。

整體而言，花蓮種的 SOD 活性較其他兩品種高。在營養生長前期，花蓮種

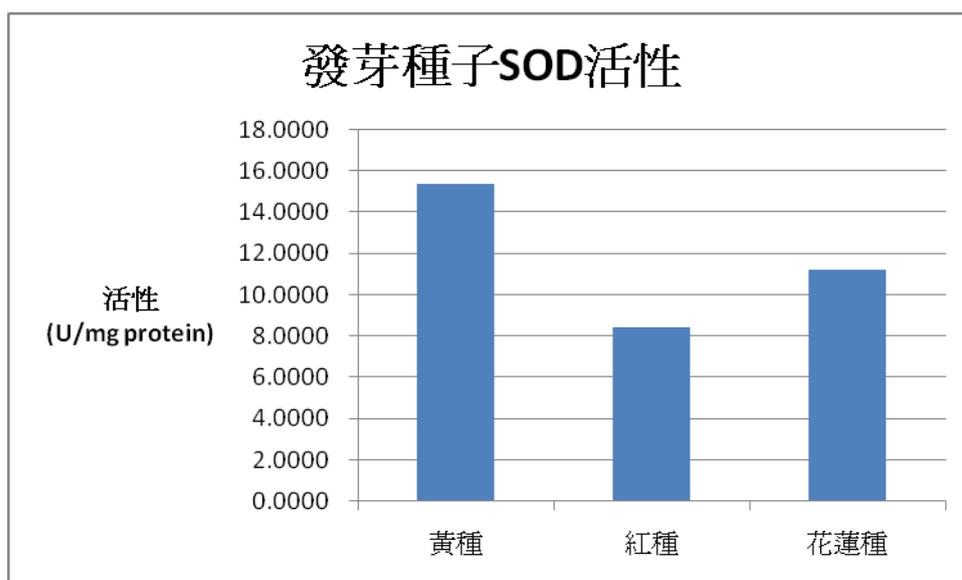
紅藜活性最高為 144.8 U/mg protein；紅種則有 70%；黃種只有 58%。在營養生長後期，花蓮種活性最高為 60.6 U/mg protein；黃種則有 70.8%；紅種差距較大為 23.5%，。在生殖生長期幼葉各品種差距不大，黃種紅藜活性最高為 18.0 U/mg protein；紅種則有 97%；花蓮種也有 88.5%。在生殖生長期老葉，花蓮種紅藜活性最高為 100.5 U/mg protein；黃種則有 50.8%；紅種只有 47%。

四、不同品系紅藜於不同部位之維他命 C 含量分析

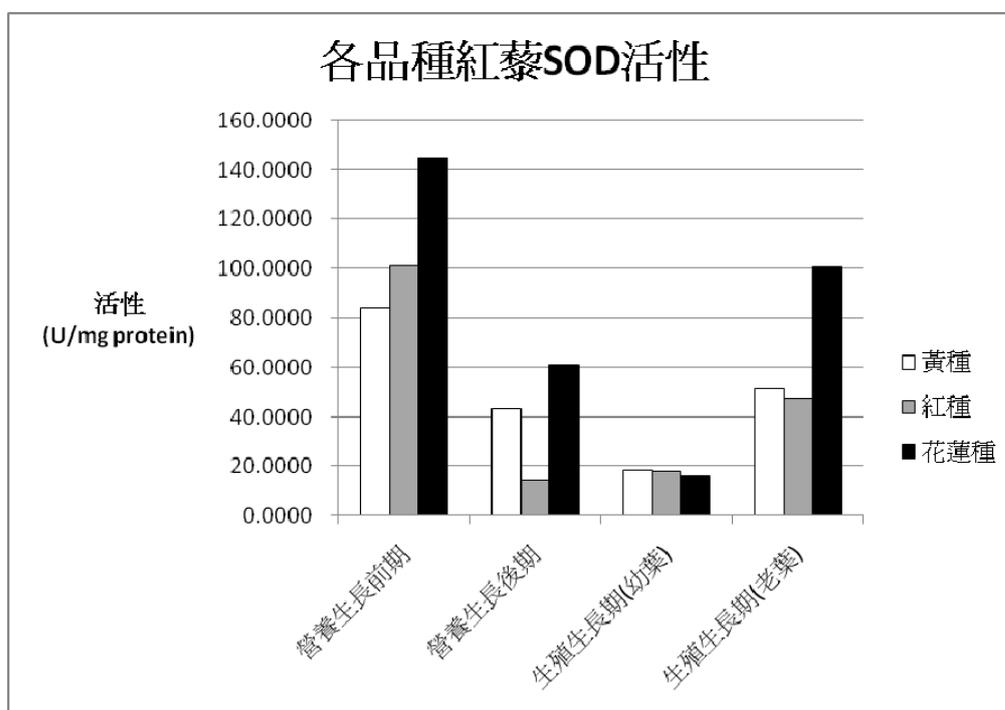
在植物組織中維他命 C 為一種主要的抗氧化物質，因此我們分析不同品系紅藜於不同部位之維他命 C 含量試圖找出含量最高的品系。在紅藜老葉中，維他命 C 含量以黃種最多 4.80 μ mol/g Fw，而紅種及花蓮種則無明顯差異。紅種是黃種的 82.60%；花蓮種是黃種的 78.12% (圖七 A)。在紅藜幼葉中，紅種含量與花蓮種無明顯差異，而以黃種最高 3.66 μ mol/g Fw，紅種是黃種的 90.94%；花蓮種是黃種的 91.66% (圖七 B)。綜合上述結果，黃種紅藜所含之維他命 C 含量最為豐富。

五、不同品系紅藜種子萌芽時種子過氧化物含量分析

紅藜種子的萌芽十分快速，在短短兩小時內即可觀察到明顯發芽現象。過氧化物可讓種子破除休眠，並且導致種子發芽，因此我們分析不同品系紅藜種子內過氧化物含量變化。如圖八所示，普遍來看 0 小時含量為最低 (黃種：164.0 nmole/g、紅種：246.1 nmole/g、花蓮種：261.8 nmole/g)，大約的趨向都是發芽時間與含量呈正比關係。但是花蓮種在 8 小時比 4 小時含量低。黃種在發芽當中含量提升速率為最快，第 4 小時是第 0 小時的 1.89 倍；第八小時是第 0 小時的 2.23 倍。綜合上述結果，紅藜在發芽初期會迅速合成過氧化物以利種子萌發。



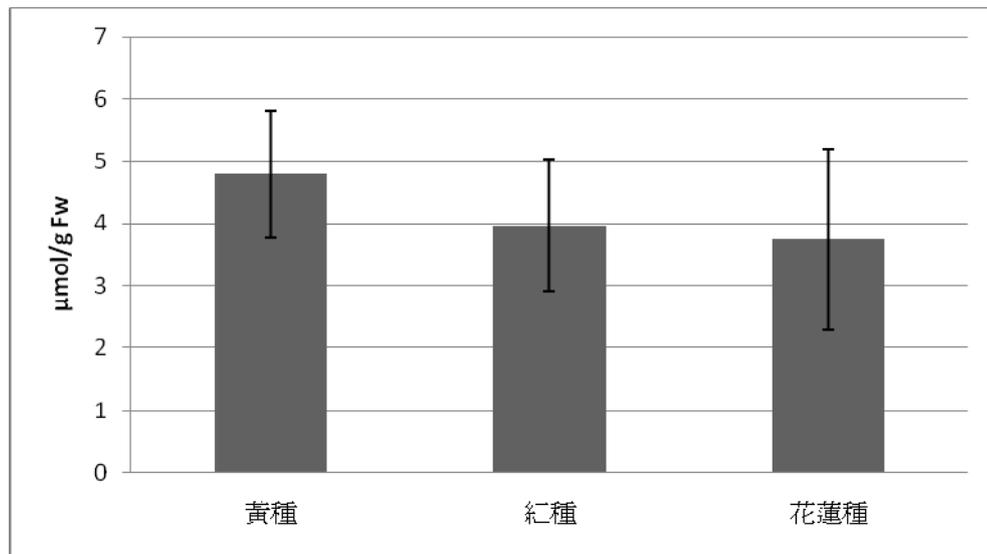
圖五、不同品系紅藜於萌芽後四小時 Superoxide dismutase (SOD)活性分析
 不同品系紅藜於萌芽後四小時萃取總量蛋白，並分析其 SOD 活性。
 1 unit 的 SOD 定義為抑制 50% NADH 吸光值下降。



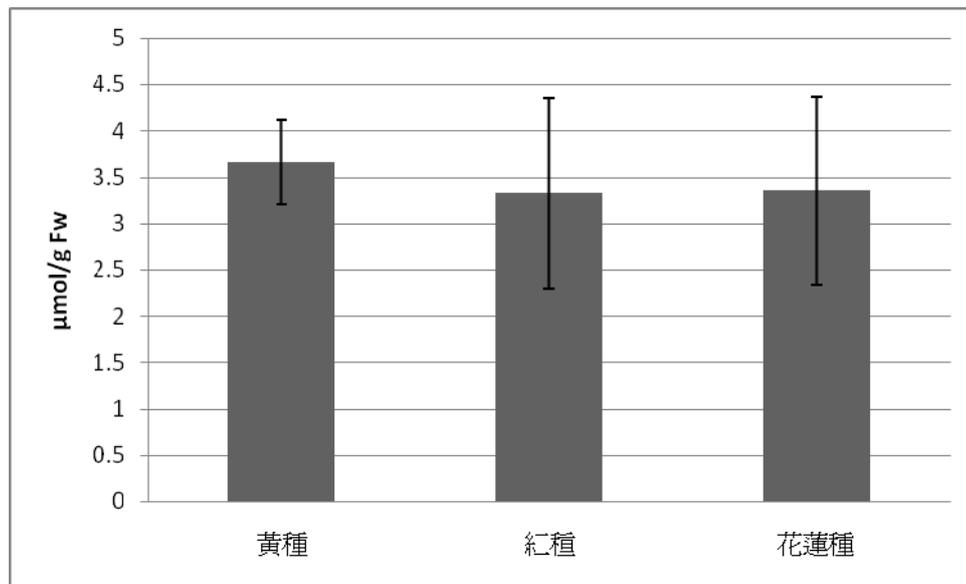
圖六、不同品系紅藜於營養生長前期、營養生長後期或生殖生長期 Superoxide dismutase (SOD)活性分析。

不同品系紅藜於營養生長前期、營養生長後期或生殖生長期萃取葉片總量蛋白，並分析其 SOD 活性。1 unit 的 SOD 定義為抑制 50% NADH 吸光值下降。

A.



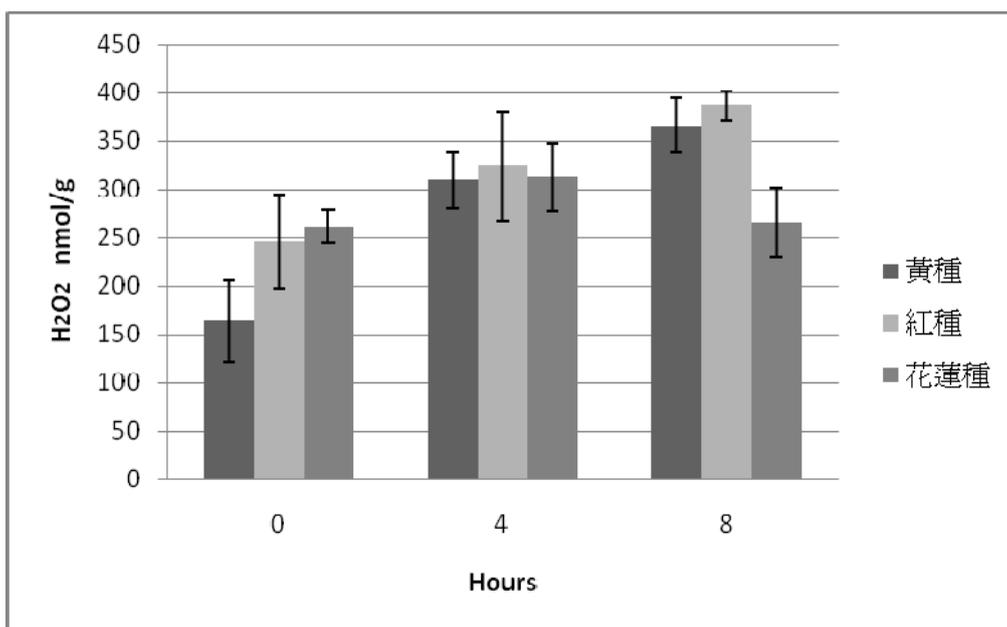
B.



圖七、不同品系紅藜於不同部位之維他命 C 含量分析。

A: 萃取不同品系紅藜老葉之維他命 C 含量並比較之。

B: 萃取不同品系紅藜幼葉之維他命 C 含量並比較之。



圖八、不同品系紅藜於萌芽後 0、4、八小時種子內 H₂O₂ 含量變化於種子發芽後 0、4、八小時萃取其 H₂O₂ 並比較含量。

肆、討論

在今年度計畫中，我們將比較不同紅藜品系間抗氧化酵素及抗氧化物含量，以增加紅藜在產業上的利用價值。我們的結果顯示，三種紅藜均富含 POD、CAT 與 SOD 活性。而在抗氧化物分析方面，三種紅藜維他命 C 的含量也不錯。在屏科大蔡教授的研究中也證實紅藜種子富含膳食纖維、蛋白質及糖類，其中更有水稻所缺乏的胺基酸。綜合上述結果，紅藜在未來健康食品的開發上有著無窮的潛力。

紅藜種子的萌芽十分快速，在短短兩小時內即可觀察到明顯發芽現象。過氧化物可讓種子破除休眠，並且導致種子發芽。在屏科大郭教授的研究中顯示紅藜的光合作用效率很高，而且其葉片顏色轉換十分快速。這結果暗示在紅藜高效率光合作用之下，可能會產生許多未偶合的自由基與過氧化物。過多的自由基與過氧化物會導致葉綠素崩解，進而造成葉片顏色轉換。除此之外，當植物感染病原時，植物本身會啟動許多抗病反應以抵抗病原的入侵。已有許多報告指出，过氧化物的暴增為抗病反應重要指標之一。過氧化物不但會直接殺死病原，並且會造成植物細胞壁上蛋白彼此的鍵結以防止細菌入侵。過氧化物也會啟動許多下游抗病基因表現。然而過多的過氧化物也會造成植物細胞的死亡，因此我們認為在紅藜中應該含有許多抗氧化物酵素來清除這些自由基。本計畫主要針對 POD、CAT 與 SOD 活性分析。當細胞內產生大量自由基如 O_2^- (superoxide anion) 時，首先由 SOD 進行分解。SOD 為超氧化物歧化酶，它可將 O_2^- 轉換成 H_2O_2 。這些 H_2O_2 再交由 POD 與 CAT 轉換成無害的水分子。我們所分析的三種紅藜含有上述三種酵素活性。令人感到好奇的是 POD 活性以紅種紅藜活性較強，CAT 活性以黃種紅藜活性較強，而 SOD 活性則以花蓮種紅藜活性最強；三種酵素分別各自在三種品系上有最大活性。對於上述的現象我們目前暫無答案。目前市面上許多健康食品均宣稱含有高量 POD、CAT 與 SOD 酵素活性，可以用來預防老化、高血脂及並與永保青春。因此對於長期食用紅藜是否可以增加身體免疫能力是一個值得深入研究的課題。

在我們過去的研究中發現紅藜種子富含澱粉、葡萄糖及蔗糖，而種子中也含有澱粉酶活性。因此如何利用紅藜的特性來開發出新的產品成爲一個重要的課題。我們已將紅藜澱粉酶運用在麵包製作上，可以有效提高發酵程度，且紅藜本身所含的營養物質，使紅藜麵包能做爲一個良好的健康食品。今年的結果也

顯示紅藜在未來健康食品的開發上有著無窮的潛力。我們希望這些傳統原住民族植物可以有更多的人力及物力投入研究，以利開發出真正屬於台灣本土的生技產業。

伍、參考文獻

1. 朱格麟 (1995) 藜科植物的起源、分化和地理分布。植物分類學報 34:486-504。
2. 潘素美、葉志新(1997)台灣食用藥用菇超氧歧化酶含量之比較。中國農業化學會誌35:209-219。
3. 王惠娟 (2005) 紅藜不同階段光合作用潛力及相關生理活動之變化。國立屏東科技大學森林系碩士論文。
4. Antonelli, A.,Castellari, L.,Zambonelli, C. and Carnacini, A.,(1999). Yeast influence on volatile composition of wines. *J. Agri. Food Chem.* 47 (3) : 1139~1144.
5. Johnson, D. L. (1990) New grains and pseudograins. p.122-127. In:Janick, J., and J. E. Simon(eds). *Advances in New Crops*. Timber Press. Portland.
6. Diaz-Reganon, D.H., Salinas, R., Masoud, T. and Alonso, G., (1998). Adsorption-thermal desorption-gas chromatography applied to volatile compounds of Madrid region wines. *J. Food Composition & Analysis* .11 (1) : 54~69.
7. Jiang ZY, Woollard AC, Wolff SP (1990) Hydrogen peroxide production during experimental protein glycosylation. *FEBS Lett.* 268: 69-71.
8. Kampfenkel K, Vanmontagu M & Inze D (1995). Extraction and determination of ascorbate and dehydroascorbate from plant tissue. *Anal. Biochem.*225:165-167
9. Kato M & Shimizu S (1987). Chlorophyll metabolism in higher plants. VII. Chlorophyll degradation in senescing tobacco leaves : phenolic-dependent peroxidative degradation. *Can. J. Bot.* 65: 729-735
10. Nakano Y & Asada K (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specificperoxidase in spinach chloroplast. *Plant Cell Physiology* 22: 867-880.
11. Owen, W.(1980)Determination of glutathione and glutathione disulfide using glutathione reductase and 2-vinylpyridine. *Analytic Biochemistry.*106, 207-212.
12. Paoletti F, Mocali A (1990) Determination of superoxide dismutase activity by purely chemical system based on NAD(P)H oxidation. *Methods Enzymol.* 186: 209-220.

13. Paoletti F & Mocali A (1990) Determination of superoxide dismutase activity by purely chemical system based on NAD(P)H Oxidation. *Method of Enzymology* 186: 209-220
14. Smith IK (1985) Stimulation of glutathione synthesis in photorespiring plants by catalase inhibitors. *Plant Physiology* 79: 1044-1047

公開

密件、不公開

執行機構（計畫）識別碼:110401e104

行政院農業委員會林務局九十七年度科技計畫研究報告

計畫名稱： 紅藜系統分類及親緣地理研究(三) (第3年／全程3年)

(英文名稱) **Taxonomy and phylogeography of Quinoa
(*Chenopodium* spp.) (3)**

計畫編號： 97 農科-11.4.1-務-e1(4)

全程計畫期間： 95 年 1 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

本年計畫期間： 97 年 3 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

計畫主持人： 楊遠波

執行機關： 中山大學生物科學系

合作機關： 屏東科技大學森林系

民族植物紅藜的永續利用研究--紅藜系統分類及親緣地理研究(三)

執行單位：國立中山大學生物科學系

計畫編號：97 農科-11.4.1-務-e1(4)

計畫主持人：楊遠波 教授

E-mail: ypo@mail.nsysu.edu.tw

摘要

本研究目的在確認台灣原住民部落種植之藜屬作物分類、分子生物學分析、民族植物及地理分佈調查、及現存種源保存問題。透過傳統分類的 18 項外部型態特徵比較及各國標本館藏藜屬標本之比對，提出台灣地區之紅藜應予重新正名，修正為台灣藜 *Chenopodium formosanum* Koidz.，該模式標本目前保存於日本京都標本館，並同時完成台灣 6 種藜屬植物之田野檢索表。分子生物的研究方面，台灣藜之總 DNA 及葉綠體 *trnL* 和 *psbA-trnH* 之分析研究顯示，目前台灣原住民各地採集之台灣藜具有極相似的遺傳因子，應屬同一種。親緣樹狀圖之呈現，發現台灣藜與甜菜 (*Beta vulgaris*) 具有較接近的親緣關係，卻與同屬的臭杏 (*Chenopodium ambrosioides*) 關係相對疏遠，凸顯台灣藜，乃至世界藜科之系統分類，仍有待未來的繼續研究。依據本計畫之田野調查，目前台灣藜之分佈以屏東山地縣之原住民部落為主，中北部及東部之中海拔地區，雖仍可發現，但數量少，且呈不穩定的情況。台灣藜區域性的種源消失及保存，端賴當地居民的傳統文化及飲食習慣維繫，易致無法達到永續利用之保育目標。未來仍應透過部落景觀及在地民族生物產業的輔導轉型，方能提供本種之積極保育目標。

關鍵字：植物地理、藜屬、系統分類、親緣樹狀圖

Abstract

The study aimed to achieve these goals including taxonomy, molecular analysis, ethnobotany, and conservation of Taiwan *Chenopodium* chenopods. Through comparisons of physiognomic observations and specimens preserved in world herbarium, the study identified the uncertain Taiwan *Chenopodium* sp. into a native species, *Chenopodium formosanum* Koidz. The type was preserved at Kyoto Herbarium in Japan. At the same time, we revised a field key of Taiwan *Chenopodium* spp.. From the molecular point of view, through total DNA and chloroplast *trnL*, *psbA-trnH*, analysis, specimens collected from diverse habitats in Taiwan showed the trend of same taxa, *Chenopodium formosanum* Koidz. Using phylogenetic tree analysis of four taxa, we found interesting results that Taiwan chenopods (*Chenopodium formosanum* Koidz.) is more close with Beta species than other *Chenopodium* species. Showing that Taiwan chenopod (*Chenopodium formosanum* Koidz.) had lots to wait to be discovered.

Keywords: phylogeography, *Chenopodium*, taxonomy, phylogenetic tree

壹、前言

世界藜科植物 Goosefoot Family (Chenopodiaceae Vent.1799)，分成 11 族，共約 110 屬，1500 種左右，其中 (*Chenopodium* L.) 是本科的代表屬，也是藜族 (*Chenopodieae* C. A. Mey.) 中最原始的屬，約有 120 種左右。從屬的數量及系統演化的多樣性來看，中亞地區應該是現存藜科植物的分佈中心。此外，歐亞大陸藜科植物的古老性，顯示本區是藜科植物的起源中心。台灣藜科植物為一年生或多年生草本植物，計 3 屬，包括鹼蓬屬 *Suaeda* Forsk. (1 種)、濱藜屬 *Atriplex* L. (2 種)、藜屬 *Chenopodium* L. (6 種)，合計 9 種。

本研究之台灣紅藜報導，始見於日據時期，日本人對於桃園角板山地區，泰雅族人的食用植物資源調查報告。其後，日人山田金治進行排灣族釀酒植物調查時，亦見報導。有關分類的處理問題，相關之學名報導計有紫藜(*Chenopodium purpurascens* Jaquin)(郭能成、林萬居，1997)、食用藜(*Chenopodium* sp.) (張芳銘，1997)、赤藜(*Chenopodium album* L. var *ceutorubrum* Makino)(葉茂生，1999)及紅藜 (*Chenopodium* sp.) (林志忠，2003) 等，但仍未見充份之系統分類研究。究其原因，在於該物種無法於天然情況下，於野外擴展族群，並加以更新繁衍，僅倚賴早期各地之原住民族依其農時播種，致該物種被視為引進之栽培種，致未能引起太多的注意。本研究旨在透過傳統的田野調查，進行標本之採集，以記錄該物種之分佈及種源保存現況，提供未來保育措施之擬訂；同時，利用外部型態記錄及分子生物之分析，試圖解決該物種之系統分類問題。

貳、研究目的

- 一、繼續完成國內外標本蒐集：持續前兩年度之田野標本採集，收集紅藜出現之地區，保存紅藜植株活體及標本，進行標本製作保存及分析樣本採取，以利基因多樣性保存與研究。
- 二、資源植物資訊交換：繼續加強英法等及其餘國家之標本館資料收集與交換。
- 三、族群關係之研究：鑑於該分類群之變異大，除了持續紅藜外部型態如根、莖、葉、花及果實等特徵之量測觀察外，並如前述之透過分子標誌技術，釐清臺灣各地族群之關係。
- 四、完成本種之訂名及台灣藜屬植物之分類系統修正。
- 五、依據各地之棲地條件，提擬原住民山坡保留地之紅藜種源在地保育措施，以維本種之多樣性遺傳基因。

參、材料與方法

一、標本採集及資訊收集

- (一) 國內外標本採集：持續前兩年度之田野標本採集，包括國內及國外地區。針對紅藜出現之地區，進行紅藜植株活體及標本之採集與保存，製作臘葉標本及浸葉標本，供日後檢驗使用；同時，進行民族植物學之普查，進行各族之植物利用調查，建立多元及詳實之保育資訊。
- (二) 資訊收集：依年二年度之計畫方向，持續針對國際間主要藜屬植物標本保存地點及發表之分類期刊，進行資訊之收集與研究比較。

二、標本館標本檢驗

持續針對該屬植物標本進行研究觀察，除前一年度前往觀察之美國哈佛大學標本館、紐約植物園標本館、史密松標本館、英國皇家植物園標本館、荷蘭萊登大學標本館、印度國家植物園標本館及經濟植物標本館外，本年度同時針對中國大陸及日本之館藏標本進行檢查比較，並反覆檢驗台灣地區館藏之同屬標本。

三、植株樣本檢驗

鑑於該分類群之變異大，本年度持續紅藜外部型態如根、莖、葉、花及果實等特徵之量測觀察。另依據世界藜科植物之分類特徵依據，製定台灣藜科植物分類特徵表，供台灣藜科植物系統分類之依據。

表 1. 台灣藜科植物分類特徵表

	Chenopadieae	Salsoleae	Beteae
Embryo	Cyclical	Spiral	cyclical
Operculum	Absent	Absent	Present in fruit
endosperm	Present	Absent	Present
Overy	Superior	superior	Semi-inferior
Genus in Taiwan	<i>Atriplex</i> , <i>Chenopodium</i>	<i>Suaeda</i>	0

四、分子生物研究

(一) 植物材料和 DNA 萃取

此次研究之紅藜樣品產自臺灣屏東及花蓮，屏東的樣本分別取自紅色果實的植株和黃色果實的植株。選取新鮮葉片清洗過後，保存於乾燥劑中。總 DNA 萃取，以 QIAGEN[®] DNeasy Plant Mini Kit 方法萃取。取 0.1 mg 經乾燥劑保存的材料，加入液態氮研磨成粉末，放入 1.5 ml 離心管，加入 400 μ L AP1 緩衝溶液充分混合均勻後，加入 RNase 4 μ L，於 65 $^{\circ}$ C 水溶 15 分鐘，再加入 130 μ L AP2 緩衝溶液，混合均勻後於 4 $^{\circ}$ C 下，冰浴 5 分鐘，以 13,000 rpm 離心 5 分鐘，取上清液放入過濾管中(QIA shredder spin column 及 collection tubes 組成)，以 13,000 rpm 離心 2 分鐘，再將濾液放入新的 1.5 ml 離心管，加入 1.5X 濾液體積的 AP3 溶液量，將混合液放入過濾管組中(DNeasy mini spin column 及 collection tubes 組成)，以 8,000 rpm 離心 1 分鐘，以 500 μ L AW 溶液清洗二次，再以 13,000 rpm 離心 1 分鐘，去除殘留的 AW，最後將 DNA 以 100 μ L 的 TE buffer (pH 8.0) 溶解於新的 1.5 ml 離心管(分二次)。

(二) 葉綠體部份之 *trnL* 和 *psbA-trnH* 基因間區間序列擴增與定序

聚合酶連鎖反應所使用之葉綠體 DNA 引子對為 *trnL* 和 *psbA-trnH*。PCR 反應是以 T3 Thermocycler (Biometra) 進行溫度梯度之聚合酶連鎖反應，PCR 反應過程 94 $^{\circ}$ C 進行 4 分鐘之解離 DNA 的步驟，然後進行 42 個循環的解離、黏合及聚合作用，解離步驟為 92 $^{\circ}$ C 45 秒，黏合溫度 55 $^{\circ}$ C，其黏合時間為 45 秒，最後之聚合作用為 72 $^{\circ}$ C 2 分鐘 15 秒，在此 42 個循環後再經 10 分鐘於 72 $^{\circ}$ C 聚合反應。PCR 反應液含有下列各成份：500 mM KCl, 15 mM MgCl₂, 0.01% gelatin, 100 mM Tris -HCl (pH 8.3), 1 mM dNTPs, 2 μ M primer, 20 ng template DNA, 1 μ g RNase, 及 0.5 unit *Taq* polymerase (CLONTECH)。反應總體積為 50 μ L，反應後的產物以 1% agarose 膠體於 1X TBE 緩衝液下，利用電泳槽以 100 V 電壓進行電泳後，經含溴化乙錠(ethidium bromide) 染色 20 min 後，在 UV 燈下照相記錄並將樣品委託基龍米克斯生物科技股份有限公司進行核酸定序。

肆、結果與討論

一、分類

(一) 種名：

綜合英國 KEW 標本館、美國 Missouri 標本館、印度國家標本館及日本京都大學總合博物館查閱標本的結果顯示，目前台灣產的紅藜中文名可修正為台灣藜，模式標本館藏於日本京都標本館（圖 1）。經測量台灣地區所產之台灣藜標本特徵後，顯示台灣各地目前所採集之標本極為相似，應屬同一種。

經比較藜屬類親緣相近之種類及台灣各地所產之紅藜植株之特徵觀察，台灣地區之紅藜分類處理如下：

Chenopodium formosanum Koidz. in Acta Phytotax. Geobot. 9:75. 1940. 台灣藜
-Type: Formosa. Taito: Kinko, Taito-gun. Cultivated., Feb. 6, 1940, M. Tagawa
2939, 2940 (syntype: KYO!)

一年生木質草本，高 2.5 m。莖直立，強韌，多分枝，常具紅色縱向條紋。葉互生，卵形至三角菱形，葉柄長 3-10 cm，葉身長 6-20 cm，寬 4-7 cm；先端鈍至銳尖；基部鈍至截形；葉緣粗重鋸齒至齒牙狀；幼葉及老葉帶紅色。由叢集狀的團繖花序為單位形成頂生下垂狀圓錐花序，長 8-25 cm。團繖花序單位，具 1 窄披針形苞片，通常由 1 朵兩性花及 7-14 朵雌花組成，雌花具有退化雄蕊；花被 5，倒卵形，長約 1mm，綠色，具稜；雄蕊（或退化雄蕊）5。胞果壓扁狀球形。種子直生或橫生，熟時深褐色。

引證標本

屏東縣：內埔鄉，老埤村，屏科大森林系苗圃，Dec. 19, 2007, Liao 2536、2537、2538、2539、2540 (SYSU)；泰武鄉，拷潭村，May 12, 2008, Liao 2838、2839、2840 (SYSU)。花蓮縣：栽種於屏科大森林系苗圃，Dec. 24, 2007, Liao 2545、2546 (SYSU)；台東縣：Kinko, Taito-gun, cultivated, Feb. 6, 1940: Tagawa 2939、2940, SYNTYPE! (KYO)

(二) 相似種

依據本計畫對於美國哈佛大學標本館、紐約植物園標本館、史密松標本館、英國皇家植物園標本館、荷蘭萊登大學標本館、印度國家植物園標本館及經濟植物標本館等標本館檢視之 36 分類群之相似藜屬植物，確認相近之 *C. centrorubrum*、*C. album*、*C. giganteum*，與台灣產之台灣藜並不吻合。但發現其中以杖藜 (*C. giganteum* D. Don) 與台灣藜之外部特徵最為接近，經與該種之模式標本比對特徵後，發現兩者之差異如下：

- 1、台灣藜與杖藜之間團繖花序特徵的差異：台灣藜於每個團繖花序中，僅中央 1 朵為兩性花，其餘皆為雌花；杖藜則每個團繖花序中有 1 朵以上的兩性花。(圖 2)
- 2、台灣藜與杖藜之種子差異：台灣藜可發現直立與水平的果實；而杖藜僅有水平的果實。

圖 2、台灣藜與杖藜之團繖花序示意圖。



(三) 檢索表

依據台灣藜及台灣地區其它 5 種藜屬植物之 18 項外部型態特徵，製訂本屬之檢索表如下：

Chenopodium 藜屬

一年至二年生草本植物。葉互生，有柄，被毛或被粉狀腺體，稀光滑。花兩性，無苞片，無柄；花被片 3-5；雄蕊 5。胞果，無苞片。

1. 莖具淺綠、黃色或紅色縱向條紋.....4. *C. formosanum*

1. 莖不具相間條紋

2. 植物體具腺毛及強烈氣味.....3. *C. ambrosioides*

2. 植物體不具腺毛，不具氣味

3. 葉全緣.....1. *C. acuminatum* subsp. *virginatum*

3. 葉緣明顯缺刻

4. 葉背灰綠色，花被片 3-4.....5. *C. glaucum*

4. 葉背綠色至淺綠色，花被片 5

5. 葉基兩側各具一明顯裂片.....6. *C. serotinum*

5. 葉基不具明顯裂片.....2. *C. album*

1. *Chenopodium acuminatum* Willd. subsp. *virginatum* (Thunb.) Kitamura 變葉藜

葉卵形至披針形，長 1-4 cm，全緣，基部銳形至鈍形，明顯 3 出脈；葉柄長 5-25 公分。花被片 5。種子橫生。

全台平地之水邊及海濱雜草地。

2. *Chenopodium album* L. 藜

葉卵形至披針形，長 1-5 cm，波浪緣至鋸齒緣，基部契形，葉下表面被粉狀物；葉柄長 5-25 mm。花被片 5。種子橫生。

全台中低海拔常見雜草。

3. *Chenopodium ambrosioides* L. 臭杏

葉橢圓形至披針形，長 2-10 cm，波狀鋸齒緣至深裂，基部契形，表面被覆腺毛；葉柄甚短。花被片 5，稀 3-4。種子橫生或直立。

台灣低地常見雜草

4. *Chenopodium formosanum* Koidz 台灣藜

葉形多變化，掌狀、菱形、卵形至長橢圓形；葉緣波狀鋸齒緣至深裂，長 4-13cm，寬 2-11 cm；葉表面被覆頭狀腺毛。葉柄長 2-8 cm。花被片 5。種子橫生。

全臺中海拔之山地部落農田，栽種。

5. *Chenopodium glaucum* L. 灰葉藜

葉橢圓形至披針形，長 2-10 cm，波狀鋸齒緣至深裂，基部契形，表面被覆腺毛；葉柄甚短。花被片 5，稀 3-4。種子橫生或直立。

台灣南部海邊雜草

6. *Chenopodium serotinum* L. 小葉藜

葉線形至狹卵形，長 1-5 cm，波狀緣至鋸齒緣，基部具 2 明顯裂片，其上方緊鄰處之葉緣多少平行，契形；葉柄長 5-30 mm。花被片 5，稀 3-4。種子橫生或直立。

全台中低海拔常見雜草

二、民族植物採集及地理普查

(一) 民族植物採集：合計三個年度採集之標本，95 年度 312 份、96 年度 194 份及本年度 98 份，標本採集量合計 604 份，採集地點主要仍集中在屏東及台東兩縣。全台 417 個山地村，採集到台灣藜之地點計 33 處。目前調查顯示，屏東仍為台灣藜數量及分佈最多地區，以三地門鄉、霧臺鄉、瑪家鄉、泰武鄉四個鄉。全台 9 台灣藜種源保有者，合計 105 人，泰雅族 7 人、賽夏族 5 人、布農族 8 人、魯凱族 38 人、排灣族 47 人。

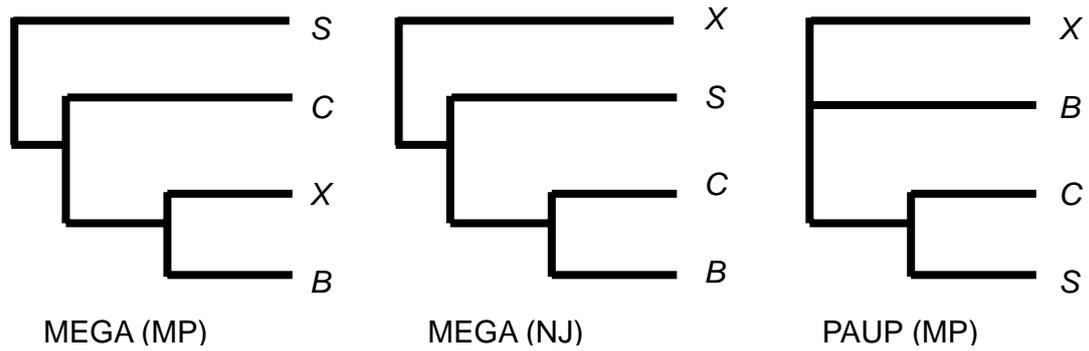
(二) 地理分佈：依本年度及前兩年度之調查，全台紅藜之高度分佈與 95 年度調查之地理分佈相同，最高海拔維持不變，仍在 1500 公尺以下，原因在於舊部落多已荒廢，早已停止農業生產行為，無台灣藜之發現。台灣藜之水平地理分佈，經 3 年度計畫調查地點的分佈，仍以環繞大母山、霧頭山及北大武山區系統之周邊村莊，為目前全台主要的環狀分佈集中區，行政地理區包括屏東縣瑪家鄉、三地門鄉及霧台鄉及泰武鄉四鄉，台東縣金峰鄉、太麻里鄉兩處，此六鄉分佈之海拔高度介於 350~950 公尺之間。

三、親緣關係分析

有關序列排序與親緣關係分析，以 PAUP*和 MEGA 分析物種間之親緣關係，採用 DNA 序列 BioEdit 軟體進行排序(Thompson et al. 1994)。遺傳距離矩陣採 Kimura 的 two-parameter 模式估算。親緣樹狀圖則以 parsimony 及 neighbor-joining 兩種方法經由 branch- and-bound search 獲得，其中 bootstrap 次數為 1000 次重覆。(如下示之序列表及樹狀圖)

序列：

	5	15	25	35	45	55
D-chen-137	CTGACCCTAG	CCGCTATCGA	AGCTCCATCT	ACAAATGGAT	AAAATTGCGT	TTTTCGTCTA
D-chen-140	TCTTCTTAGA	CTTAGCCGCT	ATCGAAGCTC	CATCTACAAA	TGATAAAAAT	TGCGTTTTTC
D-chen-138	ATTCTCTGAC	TAGCCGCTAT	CGAAGCTCCA	TCTACAAATG	GATAAAATTG	CGTTTTTCGT
D-chen-139	CTTCTCTTGA	CTAGCCGCTA	TCGAAGCTCC	ATCTACAAAT	GGATAAAATT	GCGTTTTTCCG
	65	75	85	95	105	115
D-chen-137	GGGTTTACGA	GTTATTGAAA	GTAAAGGGGC	AGTGCTGATT	TCTTGTTCTG	TCAAGAAATT
D-chen-140	GTCTAGGGTT	TACGAGTTAT	TGAAAGTAAA	GGGGCAGTGC	TGATTTCTTG	TTCTGTCAAG
D-chen-138	CTAGGGTTTA	CGAGTTATTG	AAAGTAAAGG	GGCAGTGCTG	ATTTCTTGTT	CTGTCAAGAA
D-chen-139	TCTAGGGTTT	ACGAGTTATT	GAAAGTAAAG	GGGCAGTGCT	GATTTCTTGT	TCTGTCAAGA
	125	135	145	155	165	175
D-chen-137	GGTTATTGCT	CCTTTACCTT	TACTAGTTAG	GAAGAGTTAA	TTTGTACTAA	ATTAGGAAAG
D-chen-140	AAATTGGTTA	TTGCTCCTTT	ACCTTTACTA	GTTAGGAAGA	GTTAATTTGT	ACTAAATTAG
D-chen-138	ATTGGTTATT	GCTCCTTTAC	CTTTACTAGT	TAGGAAGAGT	TAATTTGTAC	TAAATTAGGA
D-chen-139	AATTGGTTAT	TGCTCCTTTA	CCTTTACTAG	TTAGGAAGAG	TTAATTTGTA	CTAAATTAGG
	185	195	205	215	225	235
D-chen-137	GGGCGGATGT	AGCCAAGTGG	ATCAAGGCAG	TGGATTGTGA	ATCACCATGC	GCGA.....
D-chen-140	GAAAGGGGCG	GATGTAGCCA	AGTGGATCAA	GGCAGTGGAT	TGTGAATCAC	CATGCGCGA
D-chen-138	AAGGGGCGGA	TGTAGCCAAG	TGGATCAAGG	CAGTGGATTG	TGAATCACCA	TGCGCGA..
D-chen-139	AAAGGGGCGG	ATGTAGCCAA	GTGGATCAAG	GCAGTGGATT	GTGAATCACC	ATGCGCGA.



S: *Spinacia vulgaris*
 C: *Chenopodium ambrosioides*
 B: *Beta vulgaris*
 X: 紅藜

台灣各地採集之標本，經上述分析之結果顯示，台灣目前採集之標本應屬同一種，植株外觀之各項性狀則屬於種內變異。另依科內屬間之親源樹狀圖分析，台灣藜與甜菜(*Beta vulgaris*)之親緣相對較近，與同屬之臭杏(*Chenopodium ambrosioides*)及菠菜(*Spinacia vulgaris*)則較遠，顯示台灣藜之變異極大，未來仍有進一步研究之必要。

伍、參考文獻

1. 朱格麟 (1995) 藜科植物的起源、分化和地理分布。植物分類學報 34 : 486-504。
2. 郭能成 (2000) 藜高產性狀之探討。雜糧作物試驗研究年報 89 : 288-295。
3. 張芳銘 (1997) 台灣食用藜之研究。台灣大學農藝學研究所碩士論文, 83 頁。
4. 葉茂生 (1999) 台灣山地作物資源彩色圖鑑。台灣省政府農林廳編, 217 頁。
5. 山田金治 (1922) パイワン蕃族利用植物。臺灣總督府中央研究所林業部彙報 1: 1- 64。
6. Allen, P. (1960) *Chenopodium*. in *Hegi Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, 2. Vol. 3. Carl Hanser Verlag, Munchen. pp. 569-659.
7. Allen, P., and T. Just. (1943) Key and synopsis of the American species of the genus *Chenopodium* L. *Am. Midl. Nat.* 30: 47-76.
8. Bentham, G. and J. D. Hooker (1880) *Genera Plantarum* 3: 43-78.
7. Johnson, D. L. (1990) New grains and pseudograins. p.122-127. In: Janick, J., and J. E. Simon (eds.). *Advances in New Crops*. Timber Press. Portland.
8. Koidzumi, G. 1940. *Acta phytotaxonomic et Geobotanica*. 9(2):75.
9. Moquin, A (1849) *Chenopodiaceae*. In.: DC ed. *Prodr.* 3(2): 41- 168.
10. Partap, T., and P. Kapoor (1985) The Himalayan grain chenopods. I. Distribution and ethnobotany. *Agriculture Ecosystems Environments* 14: 185-199.
11. Partap, T. and P. Kapoor. (1985b) The Himalayan grain chenopod 2. Comparative morphology. *Agric. Ecosyst. Environ.* 14: 201-220.
12. Partap, T., B. D. Joshi, and N. W. Galwey (1998) *Chenopods*. *Chenopodium* spp. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 22. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Research Institute, Rome, Italy. 67 pp.
13. Schlick, G., and D. L. Bubenheim (1996) Quinoa: candidate crop for NASA's controlled ecological life support systems. p.632-640. In: Janick, J. (ed.). *Progress in New Crops*. ASHS press. Arlington. VA.
14. Scott AJ. (1978) A review of the classification of *Chenopodium* L. and related genera (*Chenopodiaceae*). *Bot. Jahrb.* 100.(2):205- 220.
15. Simmonds, N. W. (1965) The grain chenopod of the tropical American highlands.

- Econ. Bot. 19: 223-35.
16. Simmonds, N. W. (1971) The breeding systems of *C. quinoa*. 1. male sterility. *Heredity* 27: 73- 82
 17. Kojima T, Nagaoka T, Noda K and Ogihara Y. Genetic linkage map of ISSR and RAPD markers in Einkorn wheat in relation to that of RFLP markers. *Theor. Appl. Genet.* 1998; 96: 37-45. Ladizinsky G and Hymowitz T. Seed protein electrophoresis in taxonomic and evolutionary studies. *Theor. Appl. Genet.* 1979; 54: 145-151.
 18. Lai JA, Yang WC and Hsiao JY. An assessment of genetic relationships in cultivated tea clones and native wild tea in Taiwan using RAPD and ISSR markers assays. *Forensic Science International* 2001; 42: 93-100.
 19. Schlick, G., and D. L. Bubenheim (1996) Quinoa: candidate crop for NASA's controlled ecological life support systems. p.632-640. In: Janick, J. (ed.). *Progress in New Crops*. ASHS press. Arlington. VA.