

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

台灣固有植物光合作用多樣性研究

計畫類別： 個別型計畫

計畫編號： NSC93-2621-B-002-019-

執行期間： 93 年 08 月 01 日至 94 年 10 月 31 日

執行單位： 國立臺灣大學生命科學系

計畫主持人： 高文媛

報告類型： 精簡報告

處理方式： 本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 2 月 15 日

摘要

關鍵詞：固有種；光合作用；碳穩定性同位素比值

台灣因為環境特殊，造就很高的植物多樣性，其中固有種更高達 1067 種，有些固有種其分布相當廣泛，其他固有種的分布範圍則變異很大。預期這些固有種其光合作用特性也會有相當的變化，並具有不同適應機制。穩定性同位素技術已逐漸成為生物學者用以探討生物體生化、生理、代謝活性和自然界物質循環等方面研究的有力工具。其中穩定性碳同位素分析技術已普遍被應用在探討植物的光合特性，例如植物所行的光合作用途徑。本研究長期目標在探討台灣固有種植物其光合作用之多樣性。本計畫初步分析固有種穩定性碳同位素比值，以 survey 台灣固有植物其光合作用途徑。已分析之固有種其穩定性碳同位素比值 ($\delta^{13}C$) 介於 -34.5 to -10.8 ‰。大致可分為三群：其中一群 $\delta^{13}C$ 值介於 -34.5 to -25.1 ‰，屬於 C3 植物範圍；另一群 $\delta^{13}C$ 值介於 -14.8 to -10.8 ‰，屬於 C4 植物範圍；有二蘭科固有種(*Bulbophyllum albociliatum* and *B. melanoglossum*)其 $\delta^{13}C$ 值分別為 -20.2 ‰， -21.6 ‰，應該是屬於 CAM 植物範圍。

英文摘要。(五百字以內)

Keywords : endemic species; photosynthetic pathway; stable carbon isotope ratio;

Recently, carbon isotope ratio analyses have shown great promise for use as a tool to understand integrated plant behavior. For example, analysis of $\delta^{13}\text{C}$ ratio of plants has been widely used to identify photosynthetic pathways and to compare the long-term photosynthetic water use efficiency. There are 1067 species of endemic plants in Taiwan. Their photosynthetic performance has not been thoroughly characterized. Thus, the long-term goal of my study is to understand the photosynthetic characteristics of these endemic plants, especially those distributing at high elevations. In this preliminary study, the $\delta^{13}\text{C}$ of endemic plants were analyzed. The specific objective was to determine the presence and abundance of C3, C4 and CAM photosynthetic pathways in endemic plants. The $\delta^{13}\text{C}$ values of samples analyzed vary from -34.5 to -10.8 ‰ which can be classified into three groups. One group of samples had $\delta^{13}\text{C}$ values between -34.5 to -25.1 ‰, indicating C3 plants, samples in the 2nd group between -14.8 to -10.8 ‰, indicating C4 plants, and those of the 3rd group, *Bulbophyllum albociliatum* and *B. melanoglossum*, were -20.2 and -20.6 ‰, indicating CAM plants.

一、前言

光合作用是地球上大部分生物得以生存的關鍵。植物除了在遺傳和外表特徵演化出多樣性外，其光合作用特性也因為環境變化而演化出多樣性。陸生植物根據其光合作用途徑，可分為 C3, C4 or CAM plants。一般認為 C3 型植物為了適應乾旱環境或 CO₂ 濃度降低而演變出 C4 和 CAM 光合作用途徑。因光合作用對生物生存有決定性的影響，其在生物演化多樣性上必然扮演重要的角色。

二、研究目的

台灣因為環境特殊，造就很高的植物多樣性，固有種更高達 1067 種(Hsieh, 2003)，有些固有種其分布相當廣泛，其他固有種其分布則變異大。一般而言，台灣植物種數隨海拔高度增加而減少，相反地固有種的比例卻隨海拔高度增加而增高(Hsieh, 2003)。預期這些固有種其光合作用特性也會有相當的變化，並具有不同適應機制；特別是在高海拔地區的固有種，其光合作用如何適應特殊環境，是很值得研究的課題。本研究長期目標在探討台灣固有種植物光合作用之多樣性。

三、文獻探討

傳統檢驗植物所使用的光合作用途徑可藉由葉面切片〈是否有 Kranz structure〉，或藉由光合酵素分析（PEP carboxylase 量的多寡決定），或進行光合細胞 pH 值滴定。這些方法各有其缺點。例如目前已知 C4 植物不一定具備 Kranz structure；檢驗光合酵素或光合細胞 pH 值滴定均必須用活的樣品，不適用於乾燥標本樣品。且上述方法均相當耗時，不適合用在作大規模的 survey。

自然界元素以穩定性和非穩定性（即放射性）形式存在。近年穩定性同位素技術已逐漸成為生物學者用以探討生物體生化、生理、代謝活性和自然界物質循環等方面研究的有力工具(Rundel, Ehleringer and Nagy, 1989; Ehleringer, Hall and Farquhar, 1993; Lajtha and Michener, 1994)。我們可以藉由分析穩定性碳

同位素比值($\delta^{13}\text{C}$)而得知植物所使用的光合作用途徑 (C3, C4 or CAM)，此方法已是一標準化用以檢定植物光合作用途徑的方法。本研究長期目標在探討台灣固有種植物光合作用之多樣性。因為台灣植物固有種很多，很難在短期內用傳統方法研究其光合作用特性；故本研究利用穩定性同位素分析，初步進行 survey 台灣固有植物其光合作用途徑。

四、材料和方法

使用中央研究院標本館已有的標本植物，取用標本本身已脫落之植體。樣品經研磨處理後，分析穩定性碳同位素比值。使用 continuous flow method 分析樣品，此方法是將碳氮元素分析儀和質譜儀連線，利用 GCMS 原理直接將元素分析儀(NA1500, Fison, Italy)氧化產生的 CO_2 送入質譜儀(delta S, Finnagan, Germany)分析其穩定性碳同位素比值。此方法好處是可以快速地分析樣品。

五、結果和討論

穩定性碳同位素在生物學上的應用，起源於地質學家 H. Craig (1953, 1954) 發現陸生植物其穩定性碳同位素有明顯不同，其中有一群植物其穩定性碳同位素比值($\delta^{13}\text{C}$)介於 -9 to -15 ‰，而另一群植物則介於 -20 to -35 ‰間。繼 Hatch and Slack (1970)發現 C4 光合作用途徑後，Smith and Epstein (1971)提出陸生植物其穩定性碳同位素之所以明顯不同，肇因於：當 CO_2 進到光合細胞時，C3 和 C4 植物用不同光合酵素(RuBP carboxylase 或 PEP carboxylase)進行催化初始 carboxylation。因 RuBP carboxylase 和 PEP carboxylase 對於 $^{13}\text{C}\text{O}_2$ 有不同的歧視度(discrimination)，導致 C3 和 C4 植物其所合成之碳水化合物具不同含量之 ^{13}C 和 ^{12}C 。因 RuBP carboxylase 對於 $^{13}\text{C}\text{O}_2$ 有較嚴重的歧視度，所以 C3 植物其所合成之碳具較少 ^{13}C ，即其有較負之 $\delta^{13}\text{C}$ 比值。應用這個原理，我們可以藉由分析穩定性碳同位素比值($\delta^{13}\text{C}$)而得知植物所使用的光合作用途徑 (C3, C4 or CAM)，所進行的光合作用途徑。

已分析之固有種其穩定性碳同位素比值如表一所列。所分析的植物樣品其穩定性碳同位素比值($\delta^{13}\text{C}$)介於 -34.5 to -10.8 ‰，在 H. Craig (1953, 1954)所發現陸生植物的碳同位素比值範圍內。樣品 $\delta^{13}\text{C}$ 值大致可分為三群：其中一群 $\delta^{13}\text{C}$ 值介於 -34.5 to -25.1 ‰，屬於 C3 植物範圍；另一群 $\delta^{13}\text{C}$ 值介於 -14.8 to -10.8 ‰，屬於 C4 植物範圍；有二蘭科固有種(*Bulbophyllum albociliatum* and *B. melanoglossum*)其 $\delta^{13}\text{C}$ 值分別為 -20.2 ， -21.6 ‰，應該是屬於 CAM 植物範圍。

六、參考文獻

- Craig, H. (1953). The geochemistry of stable carbon isotopes. *Geochim. Cosmochim. Acta* 3: 53d-92.
- Craig, H. (1954). Carbon-13 in plants and the relationship between carbon-13 and Carbon-14 variation in nature. *J. Geol.* 62: 115-149.
- Ehleringer, J. R., A.E. Hall and G.D. Farquhar. 1993. *Stable Isotopes and Plant Carbon-Water Relations*. Academic Press, Inc., San Diego.
- Hsieh, C.-F. 2003. Composition, Endemism and Phytogeographical affinities of the Taiwan Flora. IN. *Flora of Taiwan* (T.-C. Huang eds). Vol. III, 1-14 pp.
- Lajtha, K. and R. H. Michener. 1994. *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Blackwell Sci. Pub.
- Rundel, P.W., J.R. Ehleringer and K.A. Nagy. 1989. *Stable Isotopes in Ecological Research*. Springer-Verlag, New York.

表一、台灣固有植物碳同位素比值

LabID	Moncots Species	Source	[¹³ C]
002	Aletris formosana	研 58957	-27.95
004	Disporum kawakamii	研 60079	-30.33
005	Disporum nantouense	研 81754	-34.52
006	Disporum shimadai	研 78182	-33.88
008	Helonias umbellata	研 82605	-32.76
009	Lilium formosanum	研 7655	-28.13
012	Tricyrtis formosana var. formosana	研 84615	-31.17
013	Tricyrtis formosana var. grandiflora	研 77397	-30.4
017	Tricyrtis suzukii	研 22519	-33.6
019	Veratrum formosanum	研 40309	-25.74
022	Dioscorea japonica	研 7702	-28.9
024	Heterosmilax japonica	研 77372	-32.76
028	Iris formosana	研 53068	-29.8
032	Belosynapsis kawakamii	研 7281	-28.85
033	Xyris formosana	研 18824	-29.72
034	Carex fulvorubescens	研 53907	-29.05
035	Carex liuii	研 7163	-29.72
036	Carex morii	研 87032	-11.6
042	Fimbristylis shimadana	研 83427	-11.34
048	Bromus formosanus	研 55867	-25.58
052	Poa sphondylodes	研 16524	-30.36
053	Poa takasagomontana	研 7824	-29.59
054	Poa tenuicula	研 55857	-28.72
059	Digitaria magna	研 65429	-11.43
062	Capillipedium kwashotensis	研	-10.96
064	Erianthus formosanus	研 304	-12.66
067	Microstegium geniculatum	研 24155	-13.11
068	Microstegium glaberrimum	研 56062	-11.78
070	Thaumastochloa chenii	研 18990	-10.76
071	Bambusa dolichoclada	研 55511	-29.14
072	Bambusa dolichoclada cv. "Stripe"	研 55391	-30.28
073	Bambusa dolichomerithalla	研 44927	-27.44
076	Bambusa pachinensis var. hirsutissima	研 55465	-29.89
077	Bambusa stenostachya cv. "Wei-Fang Lin"	研 55392	-31.93

078	Bambusa utilis	研 55514	-30.07
079	Phyllostachys lithophila	研 8115	-27.52
080	Phyllostachys makinoi	研 44922	-27.01
081	Pseudosasa usawai	研 55394	-30.47
083	Calamus formosanus	研 19645	-32.09
086	Amorphophallus henryi	研 55935	-28.96
087	Amorphophallus hirtus	研 48051	-27.03
088	Arisaema formosanum	研 16064	-30.45
089	Arisaema grapsospadix	研 75637	-33.19
094	Arisaema taiwanense var. brevipedunculatum	研 29758	-33.5
096	Colocasia formosana	研 54501	-31.23
097	Epipremnum formosanum	研 59064	-30.33
100	Alpinia kusshakuensis	研 27496	-29.22
101	Alpinia mesanthera	研 27844	-30.4
102	Alpinia pricei var. pricei	研 64230	-28.99
103	Alpinia pricei var. sessiliflora	研 28082	-28.08
104	Alpinia shimadae var. shimadae	研 28087	-28.77
105	Alpinia shimadae var. kawakamii	研 27853	-31.34
106	Alpinia tonrokuensis	研 27492	-28.36
107	Alpinia uraiensis	研 16048	-31.25
109	Zingiber kawagooi	研 22035	-29.04
112	Anoectochilus formosanus	研 23122	-33.38
113	Anoectochilus koshunensis	研 14646	-33.84
114	Appendicula terrestris	研 43214	-29.68
116	Bulbophyllum albociliatum	研 64234	-20.2
118	Bulbophyllum melanoglossum	研 69786	-21.64
124	Calanthe arisanensis	研 9575	-28.48
125	Cephalanthera alpicola	研 26568	-26.84
134	Dendrobium leptocladum	研 62902	-25.19
136	Epigeneium nakaharaei	研 70556	-29.47
138	Flickingeria tairukounia	研 8531	-30.47
140	Gastrochilus fuscopunctatus	研 31367	-12.56
150	Goodyera daibuzanensis	研 17056	-26.2
152	Goodyera seikomontana	研 13337	-32.72
157	Hylophila nipponica	研 20226	-32.13
162	Liparis nakaharai	研 83850	-31.24
164	Liparis sootenzanensis	研 9583	-30.81

174	Myrmechis drymoglossifolia	研 35901	-34.4
182	Platanthera mandarinorum subsp. pachyglossa	研 47584	-29.44
183	Platanthera stenoglossa	研 41491	-31.06
186	Ponerorchis taiwanensis	研 70872	-14.84
189	Taeniophyllum complanatum	研 35731	-14.84
190	Thrixspermum saruwatarii	研 31380	-13.25
192	Tulotis devolii	研 7596	-31

LabID	Dicots	Specise	No.	[¹³ C]
498	Acalypha akoensis		研 22638	-26.74
499	Acalypha hontauyuensis		研 77075	-27.45
501	Acalypha matudai		研 56491	-30.1
502	Acalypha suirenbiensis		研 56539	-30.09
503	Antidesma hiiranense		研 59315	-32.31
504	Chamaesyce garanbiensis		研 22563	-12.72
505	Chamaesyce hsinchuensis		研 69709	-13.16
506	Chamaesyce taihsiensis		研 51818	-13.63
507	Chamaesyce tashiror		研 51372	-12.55
508	Drypetes karapinensis		研 75270	-28.9
509	Euphorbia formosana		研 79235	-27.7
510	Euphorbia shouanensis		研 59248	-28.63
511	Euphorbia tarokoensis		研 59250	-28.13
512	Excoecaria kawakamii		研 63541	-26.18
513	Gelonium aequoreum		研 21783	-28.07
514	Liodendron formosanum		研 67150	-29.04
515	Mallotus paniculatus var. formosanus		研 3295	-25.08
516	Phyllanthus oligospermus		研 70753	-29.46