

Earthworm Fauna of the Lanyu Island (Botel Tobago)

Huei-Ping Shen and Chu-Fa Tsai

Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

Abstract

A total of nine species of terrestrial earthworms were collected at 14 localities on the Lanyu Island on 16 and 17 April 2000. They were *Pontoscolex corethrurus* (Müller) of the family Glossoscolecidae, and *Amyntas aspergillus* (Perrier), *Amyntas corticus* (Kinberg), *Amyntas gracilis* (Kinberg), *Amyntas lautus* (Ude), *Metaphire californica* (Kinberg), *Pithemera bicincta* (Perrier), *Pithemera lanyuensis* Shen and Tsai, and *Polypheretima elongata* (Perrier) of the family Megascolecidae. Of them *P. lanyuensis* is an autochthonous (endemic) species of the island, whereas the other eight species are likely the anthropochorous (exotic) species which were introduced later to the island by native Tao from the Philippines or recently by Chinese from Taiwan.

Key words: fauna, earthworms, Lanyu, Botel Tobago

Received: March 26, 2002

Accepted: May 8, 2002

Introduction

Lanyu (Botel Tobago) is an oceanic island created by volcanic activities during the Tertiary. Situated in the Bashi Channel between Taiwan and Philippines, it lies southeast of Taiwan with a nearest distance of about 62 km and about 110 km north of the Batan Islands of the Philippines. Its area is about 45.7 km² and the highest mountain is 552m in elevation (Chen 1993). The island is covered primarily with tropical littoral forests and mountain rain forests (Su and Ho 1982), and its floras and faunas share the characters of both subtropical Taiwan and tropical Philippines (Liu 1989). Lanyu has been renowned for its unique flora and fauna (Biogeographical Society of Japan 1932, Lin and

Yen 1982, Su and Ho 1982) and offers a resting site on the migrating routes of many species of birds (Lin and Yen 1982).

The terrestrial faunas of Lanyu have been investigated fairly in detail by the Biogeographical Society of Japan (1932) and recently by Lin and Yen (1982). The faunas investigated include insects and mollusks of invertebrates, and freshwater fishes, amphibians, reptiles, birds and mammals of vertebrates (Table 1). Based on geographical affinities of insects and birds of Lanyu to those in Taiwan and the Philippines, Kano (1932a, b, d, e) suggests that the northern Wallace's Line should be drawn between Lanyu and Taiwan.

To study systematics and distribution of terrestrial earthworms has been known to be an

Table 1. Number of endemic species and subspecies (n), total number of species (N) and endemism ($n \times 100/N$) in different groups of terrestrial animals reported from Lanyu

	Endemic species and subspecies	Total species	Endemism (%)	References
<u>Invertebrates</u>				
Insects				
Pachyrrhynchides	5	6	83.3	Kano (1932d)
Homoptera	10	12	83.3	Kato (1932)
Hemiptera	7	26	26.9	Esaki (1932)
Coleoptera	4	100	4.0	Kano (1932a)
Butterflies	1	105	1.0	Chen (1986)
Dragonflies	0	13	0.0	Kato (1932)
Mollusks	6	15	40.0	Kuroda (1932)
<u>Vertebrates</u>				
Mammals	1	11	9.1	Kuroda (1932), Lin and Yen (1982)
Birds	1	110	0.9	Lin and Yen (1982)
Reptiles	2	20	10.0	Okada (1932), Lin and Yen (1982), Lue <i>et al.</i> (1999)
Amphibians	0	3	0.0	Okada (1932), Lin and Yen (1982), Lue <i>et al.</i> (1999)
Freshwater fishes	1	3	33.3	Kano (1932c), Chen <i>et al.</i> (1998)

excellent tool in the field of zoogeography (James 1998). The endemism of earthworms on the peripheral islands of mainland China, such as Hainan, Taiwan, Ryukyus, and Japan has been known to be high with the ranges of 34.3% to 74.2% (Tsai *et al.* 2000a). This study was intended to examine the earthworm fauna of Lanyu with consideration of its endemism and zoogeographical relation to Taiwan and the Philippines.

Materials and Methods

The earthworms were collected at 14

localities on Lanyu on 16 and 17 April 2000 as follows (Fig. 1):

Locality 1: roadside gutters of the nearby gas station at Kai-yuan Harbor near Yehyu Village.

Locality 2: sides of the uphill road from the Tu-ti-kung temple toward Hsiao-tien-chih.

Locality 3: shore covered with thick underbrush around the pond of Hsiao-tien-chih.

Locality 4: roadside gutters along the lighthouse and the nearby area covered with thick underbrush.

Locality 5: roadsides at Hu-tou-po, south of

Yehyu Elementary School.

Locality 6: underbrush, taro plantation and gutters near the Green Grassland.

Locality 7: roadsides of the western section of the Central Trans-island road.

Locality 8: roadside gutters along the weather station and nearby areas covered with thick underbrush.

Locality 9: roadsides of the eastern section of the Central Trans-island road.

Locality 10: valley around the Lung-men Bridge.

Locality 11: underbrush at hill foot in the back of Yung-hsing Farm.

Locality 12: roadside gutters around Tungchin Elementary School.

Locality 13: sedimentary area at the confluence of Langtao Creek to ocean.

Locality 14: taro plantation in the back of Hungtou Reservoir.

The earthworms collected were fixed in a 15% formalin water solution and preserved in a 75% ethyl alcohol water solution. They are preserved at the Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou County.

Results

A total of nine species of terrestrial earthworms, including one species of the family Glossoscolecidae and eight species of Megascolecidae, were collected. The occurrence of species and numbers of worms collected are listed in Table 2.

Pontoscolex corethrurus (Müller 1856) was the most common earthworm belonging to the family Glossoscolecidae in Lanyu. A total of 115 worms were collected at 11 localities, mostly from the soil beneath underbrush and trees. It is

a cosmopolitan species with pantropic distribution due to transportation by man. It occurs in the Philippines and other parts of Southeast Asia (Gates 1972), and is one of the most common exotic species in disturbed environments of Taiwan (Tsai *et al.* 2000b).

Pithemera bicincta (Perrier 1875) is a small decathecal megascolecid earthworm. A total of 32 worms were collected at 8 localities. It was perhaps the second common earthworms on the island. It is common in the Philippines (Sims and Easton 1972) but rare in Taiwan (Gates 1959) and Ryukyus (Ohfuchi 1957).

Pithemera lanyuensis Shen and Tsai, 2002 was the only endemic species of the terrestrial earthworm that has been found in Lanyu. It was rare and collected at the weather station (Locality 8) and the Yung-hsing Farm (Locality 11).

Amyntas gracilis (Kinberg 1867), *Amyntas corticus* (Kinberg 1867), *Metaphire californica* (Kinberg 1867), *Amyntas lautus*

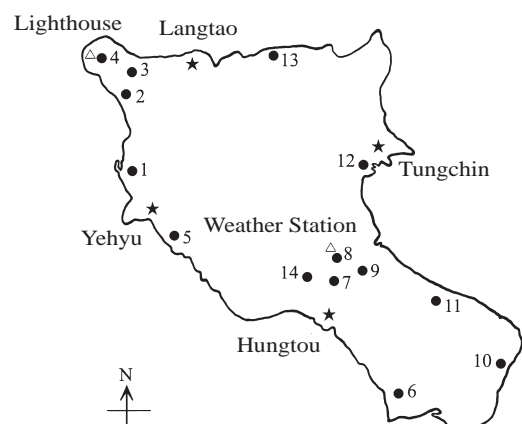


Fig. 1. Localities (solid circles with numbers) of earthworm collections in Lanyu (solid stars, villages; open triangles, installations).

diversity on the island.

In this study the earthworm fauna of Lanyu was found to have a total of eight peregrine species and one endemic species, suggesting the presence of low species diversity and low endemism (Table 2). The case was fairly similar to those of mammals and reptiles than feeble moving terrestrial mollusks and insects (Pachyrrhynchides and Homoptera), and contrast to those of flying birds and insects (Table 1).

According to the original home ranges of terrestrial earthworms in Taiwan (Tsai *et al.* 2000a), the eight peregrine species found in Lanyu may be divided into three groups: 1) *Pontoscolex corethrurus* originated from tropical America, 2) *Amyntas aspergillus*, *A. corticus*, *A. gracilis*, *A. lautus*, and *Metaphire californica* originated from the mainland China, and 3) *Polypheretima elongata* and *Pithemera bicincta* originated from Southeast Asia, particularly from the Philippines. *P. corethrurus* was a recent immigrant to Taiwan (Tsai *et al.* 2000b). Therefore, it is reasonable to suspect that the species in Groups 1 and 2 were recently introduced to Lanyu by Chinese from Taiwan, while the species in Group 3 were introduced to the island perhaps earlier by the native people (Tao) from the Philippines.

Pithemera lanyuensis was the only species of the terrestrial earthworm found to be endemic to Lanyu. Systematically, it is closely related to *P. bicincta* (Shen and Tsai 2002). Therefore, it is reasonable to consider that *P. lanyuensis* is an autochthonous species differentiated within the island of Lanyu from the ancestor of *P. bicincta* in the Philippines. Such systematic and geographical associations of this endemic species of the terrestrial earthworm to the species

in the Philippines are fairly similar to those found for terrestrial insects (Kano 1932d) and mollusks (Kuroda 1932), and support the content that the northern Wallace's Line should be drawn between Lanyu and Taiwan (Kano 1932a, b, d, e).

The scarcity of endemic species of the earthworms in Lanyu may be due to weak mobility of the earthworms to reach to the island in the past geological history for speciation, and/or a lack of habitat diversity in this small island for further differentiation. It is also possible that there were insufficient efforts in this study to reveal all endemic species present on the island. A further study is needed.

Acknowledgements

We are grateful to Ms. Su-Chen Tsai and Messrs. H. S. Fang, S. P. Yang, Y. C. Chiu, S. L. Hsu, and S. T. Chang who assisted in field collections, and Messrs. F. H. Hsu and H. S. Fang who provided valuable information.

Literature Cited

- Biogeographical Society of Japan. 1932. Fauna and flora of Kotosho (Botel Tobago). Bulletin of the Biogeographical Society of Japan. Vol. 2. (in Japanese, English or German).
- Chen, C. S. 1993. A geography of Taiwan III. Second edition. Taipei, pp. 1239-1267. (in Chinese).
- Chen, I. S., P. J. Miller, and L. S. Fang. 1998. A new species of freshwater goby from Lanyu (Orchid Island), Taiwan. Ichthyological Exploration of Freshwaters 9: 255-261.

- Chen, W. S. 1986. Studies on the butterflies of Lanyu. Council of Agriculture, Ecological Research Report No. 005. (in Chinese).
- Easton, E. G. 1979. A revision of the 'acaecate' earthworms of the *Pheretima* group (Megascolecidae: Oligochaeta): *Archipheretima*, *Metapheretima*, *Planapheretima*, *Pleionogaster*, and *Polypheretima*. Bulletin of the British Museum of Natural History (Zoology) 35: 1-126.
- Esaki, T. 1932. Hemiptera-Heteroptera von der Insel Botol-Tobago (Kotosho), Süd-Formosa. Bulletin of the Biogeographical Society of Japan 2: 142-144. (in German).
- Gates, G. E. 1959. On some earthworms from Taiwan. American Museum Novitates 1941: 1-19.
- Gates, G. E. 1972. Burmese earthworms: An introduction to the systematics and biology of megadrile oligochaetes with special reference to Southeast Asia. Transactions of the American Philosophical Society 62: 1-326.
- James, S. 1998. Earthworms and earth history. pp. 3-14. *In*: C. A. Edwards (ed.). Earthworm ecology. St. Lucie Press.
- Kano, T. O. 1932a. Coleopteran fauna of Kotosho. Bulletin of the Biogeographical Society of Japan 2: 92-116 (in Japanese), 168-169.
- Kano, T. O. 1932b. Ecological distribution of the birds in Kotosho. Bulletin of the Biogeographical Society of Japan 2: 163-167.
- Kano, T. O. 1932c. Freshwater fishes of Kotosho. Bulletin of the Biogeographical Society of Japan 2: 79-80. (in Japanese).
- Kano, T. O. 1932d. Notes on Pachyrrhynchides from Kotosho and their zoogeographical significance. Bulletin of the Biogeographical Society of Japan 2: 170-172.
- Kano, T. O. 1932e. Notes on the zoogeographical correlation between Kotosho and adjacent territories under the distribution of butterflies. Bulletin of the Biogeographical Society of Japan 2: 173-174.
- Kato, M. 1932. Dragonflies and Homopterous insects from Botel Tobago. Bulletin of the Biogeographical Society of Japan 2: 81-91. (in Japanese).
- Kuroda, N. 1932. Mammals of Kotosho. Bulletin of the Biogeographical Society of Japan 2: 47-55. (in Japanese).
- Kuroda, T. 1932. Notes on the land-shell fauna of Kotosho. Bulletin of the Biogeographical Society of Japan 2: 275-286. (in Japanese).
- Lin, Y. S., and C. F. Yen. 1982. Report on the fauna of Lanyu and Green Island. Bureau of Residential and Urban Development of Taiwan Province, National Taiwan University. (in Chinese).
- Liu, J. 1989. An introduction to the biogeography of Taiwan. pp. 15-25. *In*: The symposium on the zoogeography of Taiwan. Taipei City Zoo. (in Chinese).
- Lue, K. Y., M. C. Tu, and G. S. Shiang. 1999. A guide to the amphibians and reptiles of Taiwan. Society for Wildlife and Nature, Taipei. (in Chinese).
- Ohfuchi, S. 1956. On a collection of the terrestrial Oligochaeta obtained from the various localities in Riu-kiu Islands, together with the consideration of their geographical distribution (Part I). Journal of Agricultural Science Tokyo Nogyo Daigaku 3: 131-176.

- Ohfuchi, S. 1957. On a collection of the terrestrial Oligochaeta obtained from the various localities in Riu-kiu Islands, together with the consideration of their geographical distribution (Part II). *Journal of Agricultural Science Tokyo Nogyo Daigaku* 3: 243-261.
- Okada, Y. 1932. Notes on the Reptilia and Amphibia of Kotosho (Botel Tobago). *Bulletin of the Biogeographical Society of Japan* 2: 287-297.
- Shen, H. P., and C. F. Tsai. 2002. A new earthworm of the genus *Pithemera* (Oligochaeta: Megascolecidae) from the Lanyu Island (Botel Tobago). *Journal of the National Taiwan Museum* (submitted).
- Sims, R. W., and E. G. Easton. 1972. A numerical revision of the earthworm genus *Pheretima* auct. (Megascolecidae: Oligochaeta) with the recognition of new genera and an appendix on the earthworms collected by the Royal Society North Borneo Expedition. *Biological Journal of the Linnean Society* 4: 169-268.
- Su, H. J., and M. J. Ho. 1982. The investigation and analysis on the flora of Lanyu and Green Island. Bureau of Residential and Urban Development of Taiwan Province, National Taiwan University. (in Chinese).
- Tsai, C. F. 1964. On some earthworms belonging to the genus *Pheretima* Kinberg collected from Taipei area in North Taiwan. *Quarterly Journal of the Taiwan Museum* 17: 1-35.
- Tsai, C. F., H. P. Shen, and S. C. Tsai. 2000a. Native and exotic species of terrestrial earthworms (Oligochaeta) in Taiwan with reference to Northeast Asia. *Zoological Studies* 39: 285-294.
- Tsai, C. F., H. P. Shen, and S. C. Tsai. 2000b. Occurrence of the exotic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Müller) (Glossoscolecidae: Oligochaeta) in Taiwan. *Endemic Species Research* 2: 68-73.

Appendix I. Name of the localities in Chinese and in English or Romanized spellings used in the text

English or Romanized spelling	Chinese
Green Grassland	青青草原
Hsiao-tien-chih	小天池
Hungtou	紅頭
Hu-tou-po	虎頭坡
Kai-yuan Harbor	開元港
Langtao	朗島
Lung-men Bridge	龍門橋
Tungchin	東清
Tu-ti-kung temple	土地公廟
Yehyu	椰油
Yung-hsing Farm	永興農場

蘭嶼蚯蚓相

沈慧萍 蔡住發

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

摘要

於蘭嶼的蚯蚓採集中共採得九種陸生蚯蚓，分別為*Pontoscolex corethrurus* (Müller)、*Amyntas aspergillus* (Perrier)、*Amyntas corticus* (Kinberg)、*Amyntas gracilis* (Kinberg)、*Amyntas lautus* (Ude)、*Metaphire californica* (Kinberg)、*Pithemera bicincta* (Perrier)、*Pithemera lanyuensis* Shen and Tsai以及*Polypheretima elongata* (Perrier)。其中除了*P. lanyuensis*為原生種，其餘八種蚯蚓均為經由人類活動而帶入島上的外來種。

關鍵詞：動物相、蚯蚓、蘭嶼

收件日期：2002年3月26日

接受日期：2002年5月8日

大肚溪口潮間帶地區大型底棲動物群聚現象與 相關重金屬含量分析

劉靜榆

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

摘 要

大肚溪口位於台灣中西部，是台灣目前所設立之海岸保護區中面積最大的。為瞭解底棲動物群聚現象及其與土壤重金屬含量之關係，本研究選定 9 個固定採樣站(station)，每隔三個月於各採樣站設置一個樣區，採集樣區內的底棲動物，調查工作自 2000 年 1 月至 12 月，共四季，取得 36 個樣區資料，並分別檢測樣區內水體之鹽度、pH 值、溶氧飽和度及土壤中鎘、鎳、鉛、鋅、鉻、銅、砷、汞等 8 項重金屬含量，以探討底棲動物群聚與環境因子之關係。結果顯示，不同樣區間之區別明顯，而季節的差異則不甚明顯，水質及土壤重金屬含量皆會影響底棲動物群聚。由所設置的 9 個採樣站採取的生物體樣本，進行 8 項重金屬含量的檢驗，分析顯示鎘、鋅、鉛、鎳、鉻、砷在貝類中之含量高於蟹類，再對應分析土壤的 8 項重金屬全量檢驗值，各樣區的底棲動物體內重金屬之含量雖然有差異，但不若土壤重金屬含量在各樣區的差異大，反而物種的差異大些。

關鍵詞：大型底棲無脊椎動物、群聚結構、重金屬、大肚溪口、潮間帶

收件日期：2001 年 5 月 23 日

接受日期：2002 年 1 月 21 日

緒 言

大肚溪出海口位於台灣中部，由於台灣西岸北部受風主要來自北至北北東向，沿岸流往南；西岸南部所受風力則來自西南至西南西方向，沿岸流流向北，沿岸的漂沙經沿岸流運送堆積，形成中部的堆積型海岸，加上大肚溪輸入豐富的泥沙，年輸沙量推估為 3,352–9,454 MT/km² (郭 1990)，而形成今日之海岸，其高潮線與低潮線間在大肚溪口相距約 5 km，往南漸縮，在漢寶處減為 2 km (吳等 1997)，其沖積物之來源是砂頁岩風化物。

大肚溪口野生動物保護區是台灣目前所

設立之海岸保護區中面積最大的，面積約 2,670 ha (彰化縣政府、台中縣政府 1994)，區內有廣闊的潮間帶、亞潮帶、河口域、養殖區及保安林。由於棲地類型的差異，也孕育了豐富且多樣的生物資源，尤其是螃蟹的種類及數量龐大。有關大肚溪口之調查研究近年已有相當多的單位或學者已著手進行，針對保護區經營管理之規劃報告有大肚溪口鳥類保護區之研究 (陳 1987)、彰化縣伸港鄉海埔地鳥類保護區規劃報告 (顏 1988)、大肚溪水鳥保育區整體發展構想研究 (李 1991)、大肚溪水鳥保護區經營管理計畫 (彰化縣政府 1996) 等。陳 (1987, 1994)、吳及顏 (1990)、陳及呂 (1997) 等亦分別在大肚溪口地區進行

相關研究，但主要仍以鳥類為主要研究對象，針對底棲動物的研究報告較少，僅有物種描述(陳 1997；劉 1998)。國內針對底棲動物的群聚現象進行探討的研究報告主要仍以定性的描述為主(王 1979；劉及林 1995；謝 1997；劉等 1998；邵 2000)，而重金屬之分析則多針對經濟物種如牡蠣或魚類(莊等 1994；謝 1998；劉 1999；黃 2001)。

本研究主要探究各個不同採樣站之底棲動物群聚(community)現象是否有差異，針對大型底棲動物，分季節取樣調查，利用定量分析方式，研析樣區間之差異及季節變化情形，以瞭解大肚溪口地區動物群聚現象。此外，由於研究之初已先針對大肚溪口野生動物保護區內某些容易測定的環境因子進行定期檢測(劉等 1998)，經以樣區環境資料分析結果，發現匯入之來源水的水質影響頗大(劉

等 1999b)，因此亦以環境監測計畫之採樣站的水質及土壤重金屬等資料，分析大型底棲動物群聚與環境中某些因子之關係，探求其與環境變化之關係，並據以推測其原因。

材料與方法

本研究以大肚溪口沿岸之潮間帶及其南岸垃圾掩埋場預定地之範圍為研究區，調查工作自2000年1月至12月，首先進行研究區勘查，並進行前期檢測及標本採集鑑定作業，以掌握整個研究區的環境概況，並作為固定採樣站選擇之依據(劉等 1999b)。由於大肚溪口地區多為寬廣的泥灘地，本研究共選定9個採樣站(station)，每個採樣站以衛星定位儀定位，並以座標值標定於衛星相片圖中，9個採樣站的代號以英文字母A-I標示於圖1。

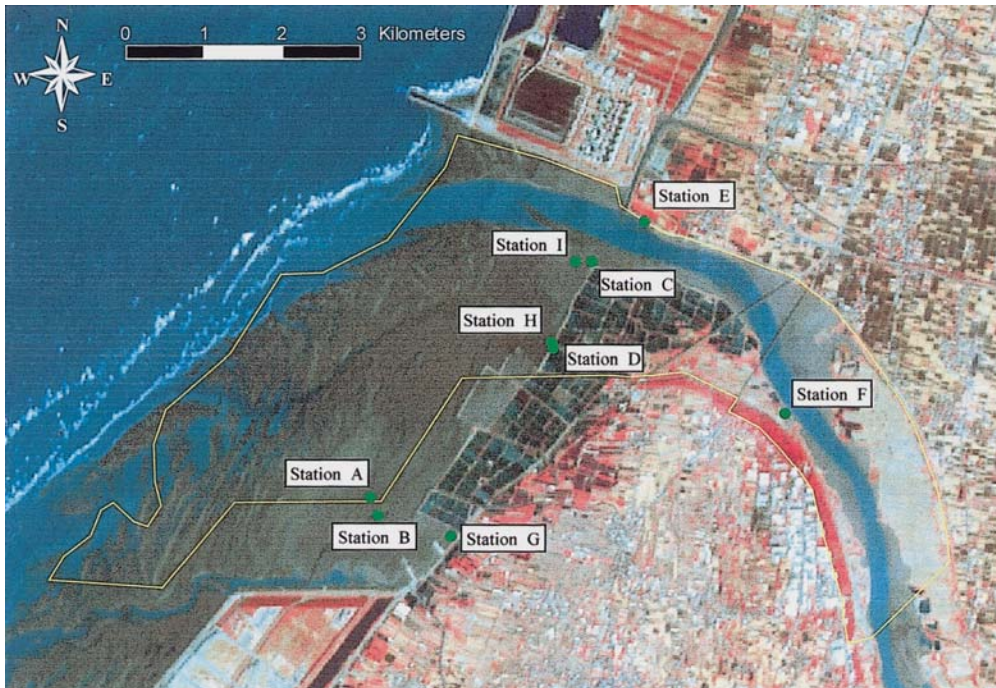


圖1. 大肚溪口地區採樣站位置圖。【註：黃線代表大肚溪口野生動物保護區之範圍】

Fig. 1. Sampling stations in the tidal zone of Tatu Estuary.

一、樣區調查、水質及重金屬檢驗

- (一) 底棲動物調查：每季前往所選定的9個採樣站內各設置一個樣區(plot)，每個樣區由4個50 cm x 50 cm分散於一均質(homogeneous)棲地之小區(subplot)組成，即每樣區面積合計1 m²，深25 cm。每季採集一次樣區內的底棲動物，係將樣區內的底土挖出，以1 m/m之篩網篩選土中大型的底棲動物，記錄各小區蟹類、螺貝類等之種類，並分別稱其重量，再將四個小區資料合併為一樣區資料。
- (二) 每季水體檢驗：利用環境監測計畫所設置A-F及H等7個採樣站的pH值、鹽度(salinity)、溶氧飽和度(dissolved oxygen saturation, DO%)等3項水質資料，探討底棲動物群聚與其間之關係。
- (三) 土壤樣本重金屬含量檢驗分析：利用環境監測計畫所設置A-F及H等7個採樣站的土壤樣本，以王水消化分解後，檢驗鎘、鎳、鉛、鋅、鉻、銅、砷、汞等8項重金屬之全量值，分析方法為NIEA S321.60T。本項分析是為探討底棲動物與土壤重金屬含量之關係。
- (四) 底棲動物重金屬含量檢驗分析：在採樣站A-F及H內採取最優勢種的生物體樣本9個，每樣本取螃蟹或貝類數隻，洗淨後低溫烘乾，以乾重為計算基準，進行鎘、鎳、鉛、鋅、鉻、銅、砷、汞等8項重金屬含量的檢驗分析。鎘、鎳、鉛、鋅、鉻、銅、砷之分析方法為NIEA C303.02T，汞之分析方法為NIEA S340.60T。本項分析是為探討底棲動物體內重金屬與土壤重金屬含量之關係。

二、原始資料統計

各樣區之底棲動物介量以重要值指數

(important value index, 簡稱IVI)表示。用原始資料計算各樣區中每種動物之密度(隻數)、頻度(小區數目)及優勢度(重量之和)，化為相對值(百分率)後，以三項之總和作為IVI(劉及蘇1983)，此值最高者為300%，經換算為以100%為基礎之值。本部分由9個採樣站分四個季節取樣，共得36個樣區資料，由所得資料可研析樣區間之差異及變化情形。

三、資料分析

本研究利用定量資料，透過多變數分析方式，來研析樣區間之差異及種的相關性，底棲動物群聚分析採用分布序列(ordination)及群團分析(cluster analysis)。生物群聚與環境關係之研判是利用對應分析(correspondence analysis)。運算係以MVSP(Multi-Variate Statistical Package)程式來進行(Kovach 1999)。

- (一) 底棲動物群聚分析：採降趨對應分析(detrended correspondence analysis, DCA)(Hill and Gauch 1980)。其基本運算過程即採用加權平均法(weight average, WA)反覆運算，然在計算過程中利用重新刻劃(rescaling)及降趨(detrending)之步驟，改良軸端壓縮(end compression)及拱形效應(arch effect)，使分析結果更為理想(Hill 1979; Hill and Gauch 1980)。再以群團分析法中之階層式群團法(hierarchical clustering)，先算出任何兩樣區間的相似性(similarity)，然後依相似性之高低將樣區依序先後合併。本研究將重要值指數經自然對數(log_e)轉換(transformation)之資料，利用皮爾森相似性係數(Pearson coefficient)分別計算相似性指數，並依平均聯結法(average linkage)中的加權配對法(weighted pair-group method, WPGMA)，每次將相似性最高的兩樣區

或合成樣區合併成新樣區，再續行下一回合聯結，直到全部樣區完成聯結為止，來導出樹狀圖(dendrogram)，運算亦以MVSP程式進行。

- (二) 底棲動物群聚與環境關係之研判：利用典型對應分析(canonical correspondence analysis, CCA)(ter Braak 1986, 1987)來研判生物群聚與環境之關係。其基本運算過程亦採Hill(1973)交互平均法(reciprocal averaging, RA)，經降趨計算樣區及種的分數。本研究利用環境監測計畫所設置A-F及H等7個採樣站的資料，分析28個樣區中20種底棲動物的IVI及3項環境因子檢測數據，計算環境因子的權重及變異數膨脹係數(variance inflation factor)，並繪出樣區或底棲動物種類對應於其環境因子之相關性。
- (三) 底棲動物群聚與土壤重金屬含量之相關性：採用典型對應分析來研判，利用A-F及H採樣站的28個樣區中20種底棲動物的IVI及8項土壤重金屬含量檢驗數據，計算樣區或底棲動物種類對應於其土壤重金屬含量之相關性。
- (四) 底棲動物體內重金屬含量檢驗結果分析：利用群團分析及主成分分析(principal components analysis, PCA)(Jolliffe 1986)進行底棲動物體內重金屬含量之相關性分析，而底棲動物體內重金屬含量對應於其土壤重金屬含量之相關性，亦採用典型對應分析來研判。

結 果

一、樣區內各物種IVI值之敘述統計

由36個樣區之原始資料計算各樣區中每種動物之密度、頻度及優勢度，化為相對值後，以三項之總和，換算為以100%為基礎之值作為IVI。計算每一物種出現之樣區數、

IVI平均值及最大值等，由樣區內各種動物之IVI值的敘述統計表(表1)可看出，以白扇招潮蟹最為優勢，其出現樣區達29個，最大值為100，表示至少有一樣區中所採得的物種全部都是白扇招潮蟹，其次是短指和尚蟹、伍氏厚蟹、環文蛤及鹿港美食螻蛄蝦，這4種出現的頻率及IVI值亦頗高。而台灣招潮蟹、弧邊招潮蟹、萬歲大眼蟹及公代雖出現率不高，但單一樣區的最大值及IVI總和值較高，顯示這些底棲動物有群聚的現象，即有些物種僅大量出現在少數的樣區中。此外，值得一提的是，由於本研究取樣方式是以人工挖底土，因此採樣站主要設在低潮線以上的地區，所以在大肚溪口地區低潮線以下極為常見的豆形拳蟹及梭子蟹類等，並未在本研究所設置之樣區內出現。

二、物種歧異度分析

為瞭解各樣區的物種歧異度，本研究以夏農歧異度指數(Shannon's diversity index, H)計算各樣區之歧異度，並計算均勻度指數(evenness index, e)。其計算方式如下：

$$H = - \sum [(n_i / N) \cdot \log_e (n_i / N)]$$

n_i = 該樣區內各物種之值

N = 該樣區內所有物種之值的和

$e = H / \log_e S$, S = 該樣區之全部種數

由表2可看出每樣區各有1-8種不等的底棲動物種類，各樣區歧異度指數最高者為B採樣站的第三季，為1.8；均勻度指數最高者為B採樣站的第二季，為0.977、最低者為D採樣站的第三季，僅有白扇招潮蟹1種，該採樣站各季樣區之歧異度指數及均勻度指數皆偏低。

三、底棲動物群聚分析

由於生態調查資料中，有些種並不會在每一個樣區中出現，因此資料中會有許多0的數據，這類資料若採用主成分分析(PCA)，將

表1. 樣區內各物種名稱及 IVI 值之敘述統計表

Table 1. Statistics of important value indices of the species collected from 36 plots in the tidal zone of Tatu Estuary in 2000

Species name	中名	Number of plots	Mean of IVI	Maximum value	Total	Standard deviation	Kurtosis	Skewness
<i>Uca lactea</i>	白扇招潮蟹	29	47.04	100	1693.45	35.87	-1.32	0.21
<i>Uca arcuata</i>	弧邊招潮蟹	4	8.37	84.12	301.26	24.08	5.19	2.61
<i>Uca borealis</i>	北方呼喚招潮蟹	4	1.68	19.83	60.31	4.94	7.05	2.85
<i>Uca formosensis</i>	台灣招潮蟹	4	6.53	80.53	234.98	19.38	7.68	2.92
<i>Helice formosensis</i>	台灣厚蟹	1	0.3	10.76	10.76	1.79	36	6
<i>Helice wuana</i>	伍氏厚蟹	21	14.78	49.28	532.24	15.01	-1.13	0.44
<i>Metaplex elegans</i>	秀麗長方蟹	3	1.15	19.16	41.38	4.04	12.99	3.63
<i>Scopimera bitympana</i>	雙扇股窗蟹	6	3.36	32.52	120.82	8.5	5.61	2.57
<i>Scopimera longidactyla</i>	長趾股窗蟹	7	3.43	33.87	123.4	8.14	6.35	2.6
<i>Mictyris brevidactylus</i>	短指和尚蟹	11	16.39	87.52	589.88	29.52	0.81	1.55
<i>Xenophthalmus pinnotheroides</i>	豆形短眼蟹	1	0.62	22.42	22.42	3.74	36	6
<i>Ilyoplax tansuiensis</i>	淡水泥蟹	4	2.86	44.18	103.03	9.18	12.77	3.53
<i>Macrophthalmus banzai</i>	萬歲大眼蟹	3	3.92	88.53	140.97	16.27	22.73	4.68
<i>Macrophthalmus abbreviatus</i>	短身大眼蟹	3	1.72	25.61	62.09	5.9	10.21	3.34
<i>Parasesarma bidens</i>	雙齒近相手蟹	1	0.32	11.41	11.41	1.9	36	6
<i>Parasesarma plicatum</i>	摺痕擬相手蟹	1	0.34	12.14	12.14	2.02	36	6
<i>Alpheus lobidens lobidens</i>	槍蝦	2	0.61	11.17	21.87	2.54	15.3	4.05
<i>Upogebia edulis</i>	鹿港美食螻蛄蝦	10	7.09	72.3	255.17	15.48	8.97	2.85
<i>Cyclina sinensis</i>	環文蛤	10	10.11	72.86	364.13	19.44	2.78	1.92
<i>Laternula marilina</i>	公代	5	7.24	76.18	260.54	20.09	5.76	2.67
<i>Hiatula diphos</i>	西施舌	1	0.26	9.32	9.32	1.55	36	6

會造成分布序列上的扭曲變形(distortion)(蘇 1987)，因此底棲動物群聚分析採降趨對應分析。由於取樣的侷限及物種豐富度的時空變動，一般的生物群聚分析大多以簡化值來代表其數量之變化，且可在多變數分析中得到理想的結果。此種轉為簡化值的方式較偏向定性之分析，因優勢度的範圍變小，數量較少之物種亦給予較高的評估值。但若群聚現象相當均質時，樣區內族群的變化可能不大，在這種情況下，把豐富度的範圍壓縮得更小，則可能喪失其重要的信息，致使相似性提高而不易進行分類。本研究樣區間之差

異大，適宜以簡化值來進行分析。

(一) 降趨對應分析

群聚分析的運算若以樣區內所有組成的種來區分，或根據主要優勢種來作劃分，其結果並不盡相同。Gauch(1982)認為透過各種數據轉換所得到的分析結果，其變異範圍比透過採用不同多變數分析所獲得的結果更大，有些不能藉改變或改進多變數分析來解決的問題，採用適當的數據編輯(editing)，可能迎刃而解，而豐富度值(abundance values)的轉換亦是數據編輯的一種選擇(Noy-Meir 1973; Maarel 1979; Clymo 1980)。本研究將原

表2. 物種歧異度與均勻度指數表(樣區：前碼的編號為季節(1-4)，後碼的大寫字母為採樣站)

Table 2. Shannon's diversity indices and evenness indices of the macro-invertebrate communities sampled at the 36 plots in the tidal zone of Tatu Estuary in 2000 (for plot codes: numbers 1-4, four seasons; capitalized letters, sampling stations)

Plot code	Diversity index (H)	Evenness index (<i>e</i>)	Number of species	Plot code	Diversity index (H)	Evenness index (<i>e</i>)	Number of species
1A	1.263	0.911	4	3A	1.206	0.870	4
1B	1.382	0.858	5	3B	1.834	0.882	8
1C	1.186	0.856	4	3C	1.052	0.958	3
1D	0.308	0.445	2	3D	0.000	0.000	1
1E	0.966	0.879	3	3E	0.784	0.713	3
1F	1.562	0.872	6	3F	1.128	0.814	4
1G	0.608	0.877	2	3G	0.988	0.899	3
1H	0.287	0.414	2	3H	0.507	0.732	2
1 I	1.160	0.837	4	3 I	1.142	0.824	4
2A	1.748	0.898	7	4A	1.607	0.897	6
2B	1.572	0.977	5	4B	1.291	0.802	5
2C	0.726	0.661	3	4C	1.299	0.937	4
2D	0.579	0.527	3	4D	0.308	0.445	2
2E	1.512	0.939	5	4E	1.130	0.815	4
2F	1.054	0.960	3	4F	1.300	0.807	5
2G	0.939	0.855	3	4G	1.036	0.943	3
2H	0.287	0.414	2	4H	0.585	0.844	2
2 I	0.560	0.808	2	4 I	0.980	0.892	3

始資料矩陣作不同之數據轉換及編輯，並根據不同轉換數據所得之分析結果來作研判。由於樣區的資料為各物種的IVI值，數值的差異為0-100，若以未經轉換的數據進行分析，結果將被主要優勢種所控制，經採用自然對數轉換之值，可得近似常態分布之資料，且所得之分析結果，會根據所有組成的種來排序。

本研究的物種在樣區間的差異性高，有些物種只出現在幾個樣區中，甚至只出現一次，分析時利用降低稀有種權重(rare species downweighted)的方法，使出現頻率較高的種

有較高的權重，本研究採用Hill運算法(algorithm)在分析之前將稀有種(出現率低於1/5)的權重降低。由36個樣區之資料組成原始矩陣，經降趨對應分析後，變異軸代表主要的底棲動物群聚變異方向，前兩軸之變異程度達41.6%，各軸之固有值(eigenvalue)依次遞減，第1軸之固有值0.49，第2軸為0.361。由DCA所計算的樣區分數(score)繪出第1軸與第2軸的樣區分布序列圖(圖2)，由圖可看出同一樣區之四個不同季節的樣區在分布序列圖上聚集，顯示季節變化的差異並不若樣區間的差異明顯。圖3表示各樣區中所採得的底棲動

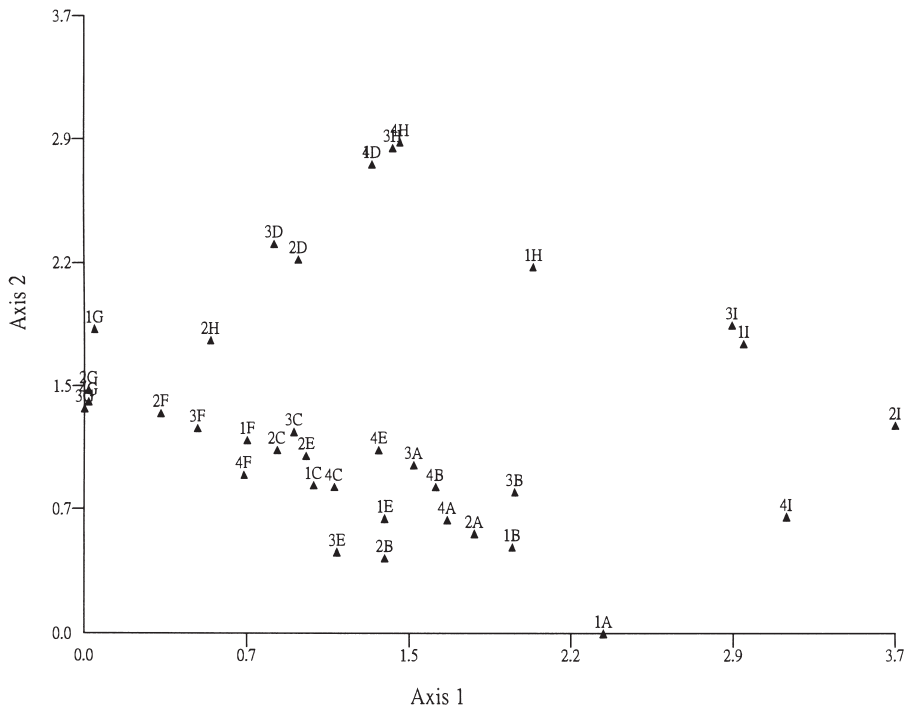


圖2. 36個樣區在DCA第1軸及第2軸之分布序列圖(三角形代表樣區，前碼的編號為季節(1-4)，後碼的大寫字母為採樣站)。

Fig. 2. Ordination of 36 plots corresponding to the species composition of macro-invertebrates along the first DCA axes (solid triangles, plots; numbers 1-4 above solid triangles, four seasons; capitalized letters A-I, sampling stations).

物種類在第1軸與第2軸的分布序列圖。圖4表示各樣區及底棲動物種類第1軸與第2軸的樣區分布序列圖，採樣站G的樣區主要因台灣招潮蟹而聚集，採樣站F的樣區主要因弧邊招潮蟹、伍氏厚蟹而聚集，採樣站I的樣區則因短指和尚蟹、雙扇股窗蟹而聚集，採樣站D、H的樣區則因白扇招潮蟹及長趾股窗蟹而聚集，採樣站C、E的樣區主要因淡水泥蟹及秀麗長方蟹而聚集，採樣站A、B的樣區則因北方呼喚招潮蟹、鹿港美食螻蛄蝦、環文蛤、公代而聚集。

(二) 群團分析

由於生物群聚有連續變異之特性，使

DCA的結果雖然將相似性高的樣區及物種呈聚集的現象，但並無法很明確的劃分群聚類型，也就是決定分界線的客觀性。因此再以群團分析法中之階層式群團法將其分群，導出本研究樣區之樹狀圖如圖5。樹狀圖僅顯示樣區在不同相似性指數之聯結，即相似性之層級系統關係，故需主觀設下分類之相似性臨界值，才能將樣區分群。

本項分析可看出不同樣區間有較明顯之區別，而季節間的差異則不甚明顯。若將臨界值設於0，則可將樣區分為2大群，第1群為A、B、I三個採樣站的樣區，其他採樣站的樣區為第2群。若將臨界值設於0.2，則可將第2

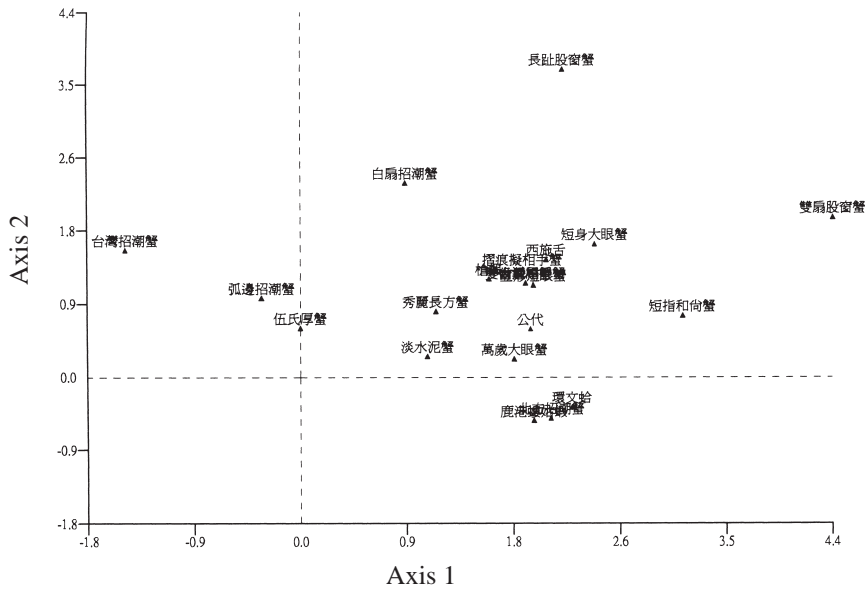


圖3. 物種在DCA第1軸及第2軸之分布序列圖。

Fig. 3. Ordination of 21 species of macro-invertebrates corresponding to the abundance values along the first two DCA axes (solid triangles, species).

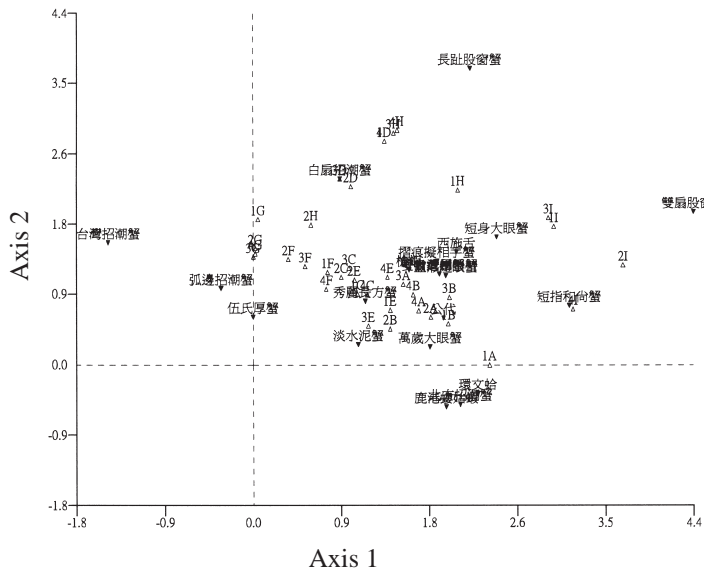


圖4. 樣區及物種在DCA第1軸及第2軸之分布序列圖(實心倒三角形代表種；空心三角形代表樣區，前碼的編號為季節(1-4)，後碼的大寫字母為採樣站)。

Fig. 4. Ordination of 36 plots and 21 species corresponding to the abundance values along the two DCA axes (upside-down solid triangle, species; open triangles, plots; numbers 1-4 above triangles, four seasons; capitalized letters, sampling stations).

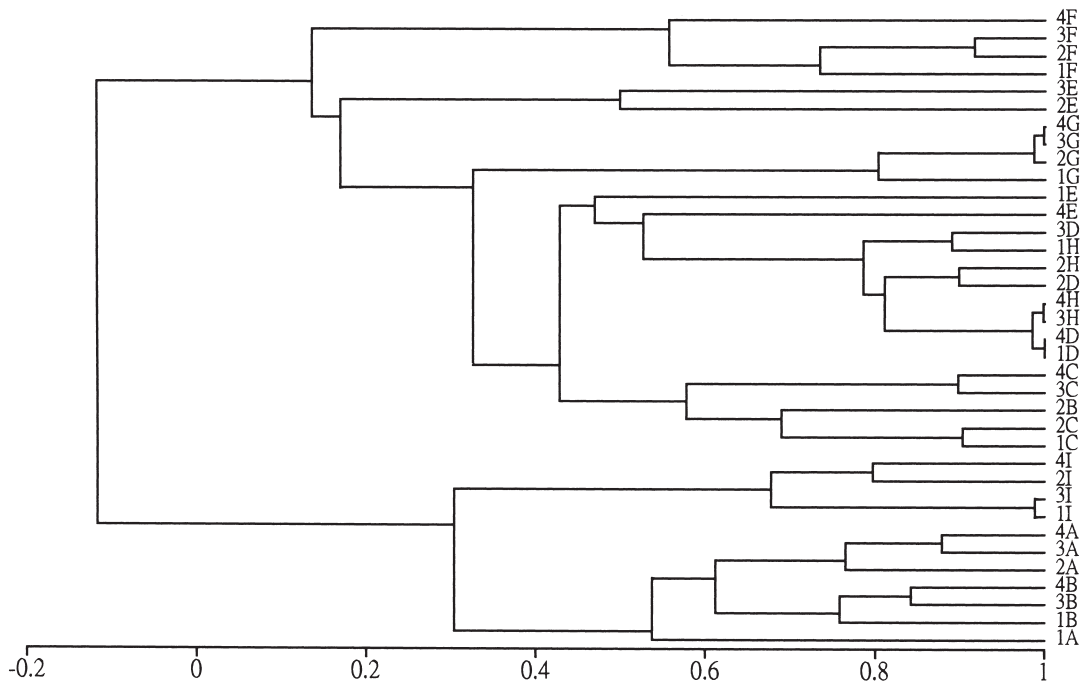


圖5. 樣區的樹狀圖。

Fig. 5. Dendrogram showing the similarity in macro-invertebrate communities among 36 plots.

群的樣區再分為3小群，第1小群為C、D、H、G採樣站的樣區及1E、4E樣區，第2小群為2E、3E樣區，第3小群為F採樣站的樣區。圖6表示各樣區中所採得的底棲動物種類之層級系統關係的樹狀圖，若將臨界值設於0，可將這些種分為5群，分別是以白扇招潮蟹為代表的1群；以弧邊招潮蟹及伍氏厚蟹為代表的1群；以北方呼喚招潮蟹為代表的1群；台灣招潮蟹獨自成1群；以短指和尚蟹及股窗蟹為代表的1群。可看出4種招潮蟹分別與不同屬的蟹種群聚，其中又以台灣招潮蟹最特別。

綜合群團分析及降趨對應分析的結果，樣區可概分為2大群，第1大群為A、B、I三個採樣站的樣區，其下可再細分2小群；其他採樣站的樣區為第2大群，其下可再細分4小群。採樣站A、B的樣區因北方呼喚招潮蟹、鹿港美食螻蛄蝦、環文蛤、公代而聚集；採

樣站I的樣區則因短指和尚蟹、雙扇股窗蟹而聚集；採樣站G的樣區主要因台灣招潮蟹而聚集，採樣站F的樣區主要因弧邊招潮蟹、伍氏厚蟹而聚集，採樣站D、H的樣區則因白扇招潮蟹及長趾股窗蟹而聚集，採樣站C、E的樣區主要因淡水泥蟹及秀麗長方蟹而聚集，而4種招潮蟹則分別與不同屬的蟹種群聚。

四、底棲動物群聚與環境關係之研判

上述的分析主要是說明底棲動物之群聚現象上無法研判其與環境之關係，由於環境因子與動物群聚現象之關係，常無法預先研判，又因環境因子具有程度不等的綜合效應，若將這些環境的變數分離，而採單變數分析，可能並不太適宜，因此可利用直接梯度分析法來研判，其中典型對應分析(CCA)是近來較被廣為採用的方法。本研究以CCA計

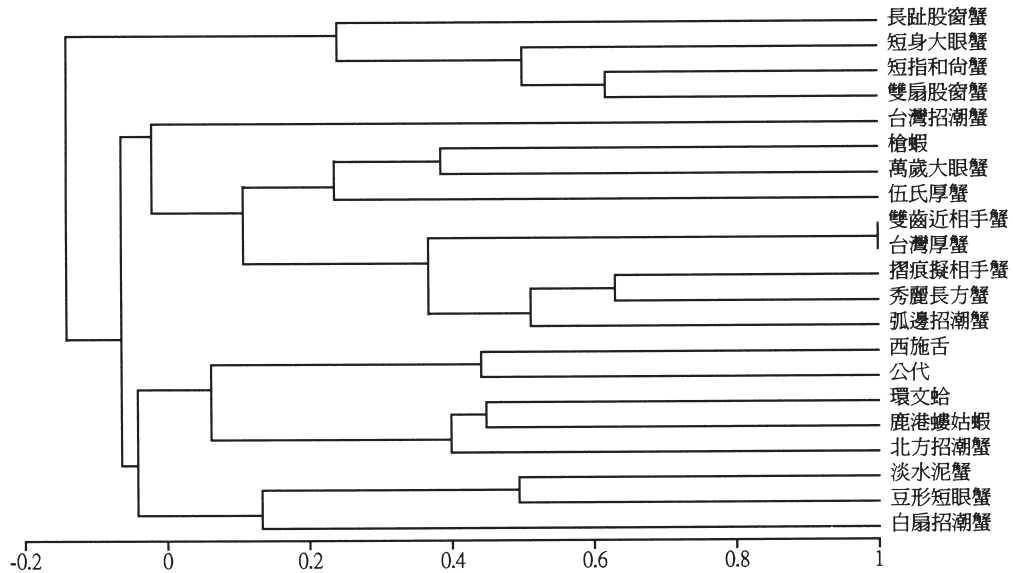


圖6. 物種的樹狀圖。

Fig. 6. Dendrogram showing the similarity in important value indices among species.

算28個樣區之固有值及其對應於3項環境因子之相關係數，依據樣區或種的分數排序在軸上，加上各環境因子之相關性，將樣區分布序列及標示環境向量(environmental vectors)繪成分布圖(圖7)，可解釋樣區與這3項環境因子間之相關性，而圖8可用來說明影響樣區分群的物種。圖8亦由加上環境因素計算的分數所繪成之物種分布序列圖，由於環境向量太長，以致顯示環境向量後將使物種相對的聚集，為了能將物種的分布展現出來，因此本圖不顯示環境向量，而環境向量的圖示與圖7相同，可供參考。

大肚溪口地區的水域雖然是相通，但由於本區為淡海水交會處，因此匯入淡水處之水質與沿岸地區有頗大的差異，本研究分析結果顯示，樣區之間水體之鹽度及溶氧量的差異對底棲動物群聚所造成的影響頗大，由圖7可看出第1軸左上方以A、B兩採樣站為

主，位於沿岸地區的A、B採樣站與鹽度呈正相關，這群樣區主要的優勢種或特徵種有北方呼喚招潮蟹、短指和尚蟹、短身大眼蟹、環文蛤及鹿港美食蠔姑蝦(圖8)。D、H採樣站的樣區則在第1軸的右上方，與溶氧量呈正相關，本群樣區主要的優勢種或特徵種有白扇招潮蟹、長趾股窗蟹。而F採樣站的樣區則與pH呈負相關，主要的優勢種或特徵種有弧邊招潮蟹、雙扇股窗蟹、公代。C、E採樣站的樣區集中在圖心，即兩軸交會處，本群樣區主要的優勢種或特徵種有淡水泥蟹、秀麗長方蟹、雙齒近相手蟹及台灣厚蟹。

五、底棲動物群聚與土壤重金屬含量之對應分析

本研究利用7個採樣站(A-F及H)，由四季所採集的28個樣區資料中物種的數量(20種底棲動物)及8項土壤重金屬含量檢測數據，

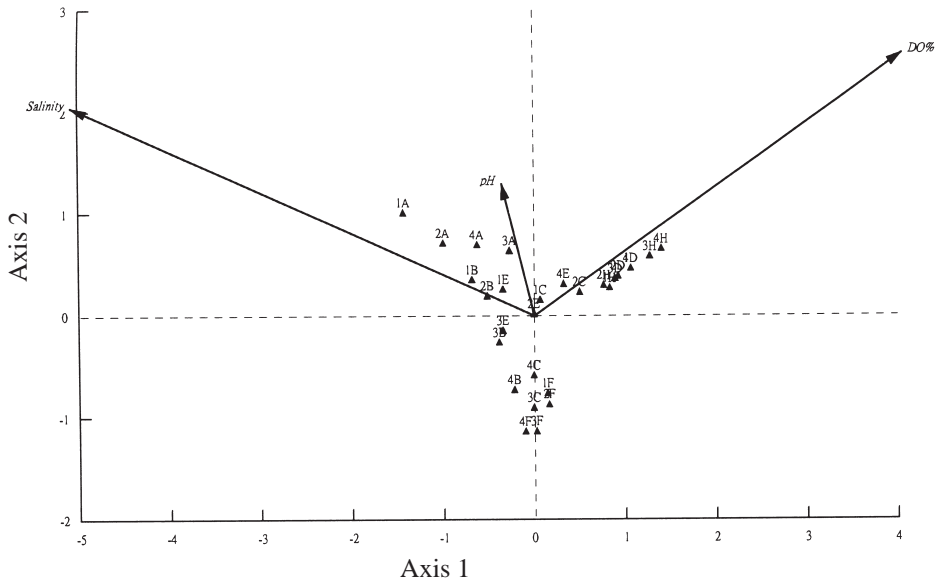


圖7. 樣區排序及環境向量在CCA前2軸的分布序列圖，箭頭表環境因子變異最大的方向(三角形代表樣區，前碼的編號為季節1-4)，後碼的大寫字母為採樣站。

Fig. 7. Ordination of 28 plots corresponding to three environmental vectors, DO, pH and salinity, along the first two CCA axes (arrows, direction of maximum change of the variable across the diagram; solid triangles, plots; numbers 1-4, four seasons; capitalized letters A-I, sampling stations).

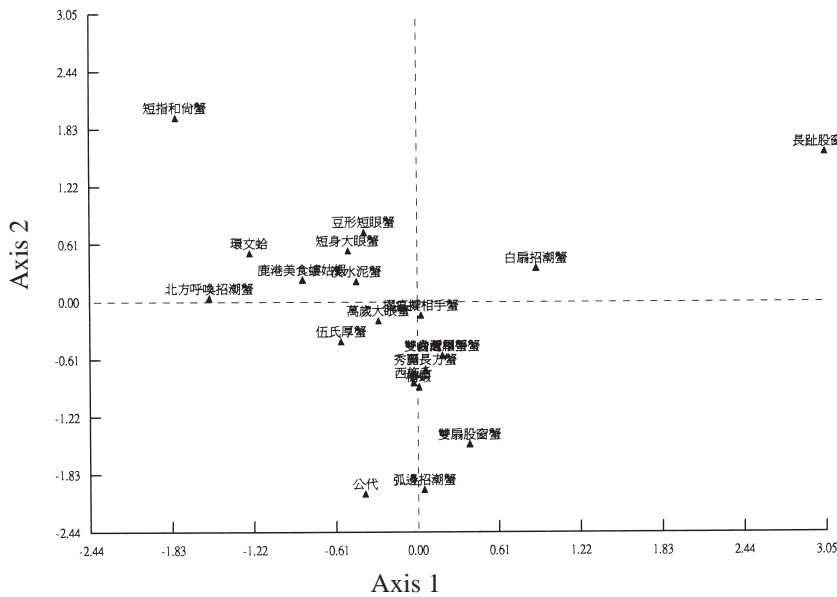


圖8. 20種底棲動物的值對應於3項環境因子在CCA前2軸的分布序列圖，不顯示環境向量。

Fig. 8. Ordination of 20 species of macro-invertebrates corresponding to three environmental variables, DO, pH and salinity, along the first two CCA axes.

計算土壤重金屬含量的權重與變異數膨脹係數，以及樣區或底棲動物種類對應於其土壤重金屬含量之相關性，依據各軸之固有值及物種對應於土壤重金屬含量相關係數，在樣區或種的分布序列上標示各重金屬含量之相關性，將樣區排序及土壤重金屬含量向量值繪成分布圖(圖9)，可解釋生物群聚與土壤重金屬含量差異之相關性。圖10表示加上土壤重金屬的因素，計算物種分數及土壤重金屬含量之向量值所繪之分布序列圖，主要說明各種重金屬與物種之關係。由分布圖得到的訊息，8項土壤重金屬含量值與生物群聚皆有相關，主要影響的重金屬為銅、鋅、鉛、鎘、鎳。大肚溪口地區的水域雖然是相通，但由於確實有污染源(劉 2001)，因此匯入處之重金屬與其他地區有頗大的差異。本研究分析結果顯示，樣區之間重金屬的差異與底棲動物群聚種類有關，與第1軸相關性最為顯

著的銅、鋅、鎘、鎳，是由於在D、H採樣點的檢驗值極高，而在A、B採樣點的檢驗值較低，因此這些樣區在第1軸就被分為兩群。在第2軸被分開的F採樣站則是因為鉛及汞的量較高(圖9)。由圖10可看出，在銅、鋅、鎘、鎳重金屬含量較高的地區棲息的有白扇招潮蟹、雙扇股窗蟹、長趾股窗蟹，在鉛及汞含量較高的地區棲息的有弧邊招潮蟹、伍氏厚蟹等，由於短指和尚蟹及環文蛤主要分布的樣區所檢測的重金屬含量值較其他採樣點的值低。本研究可依採樣站間重金屬含量差異及物種組成分為3群，在D、H採樣站的銅、鋅、鎘、鎳檢驗值極高，而主要棲息的有白扇招潮蟹、雙扇股窗蟹、長趾股窗蟹；F採樣站則是因為鉛及汞的量較高，棲息的有弧邊招潮蟹及伍氏厚蟹等；而A、B採樣站的重金屬檢驗值較低，棲息的為短指和尚蟹及環文蛤。

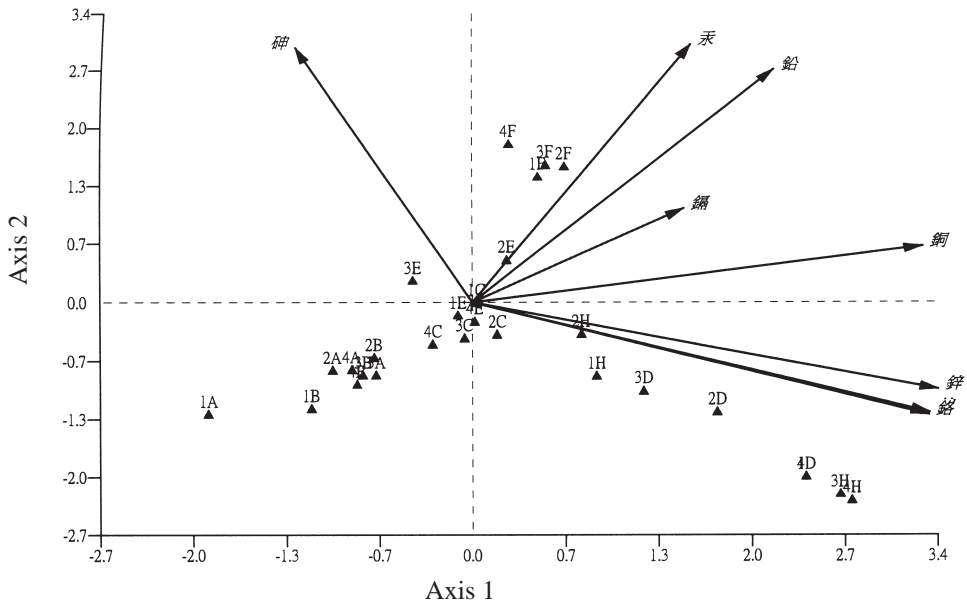


圖9. 樣區序列與土壤重金屬含量之分布圖(三角形代表樣區，前碼的編號為季節，後碼的大寫字母為採樣站)。

Fig. 9. Ordination of 28 plots corresponding to soil heavy metal contents along the first two CCA axes (solid triangles, plots; numbers 1-4, four seasons; capitalized letters, sampling stations).

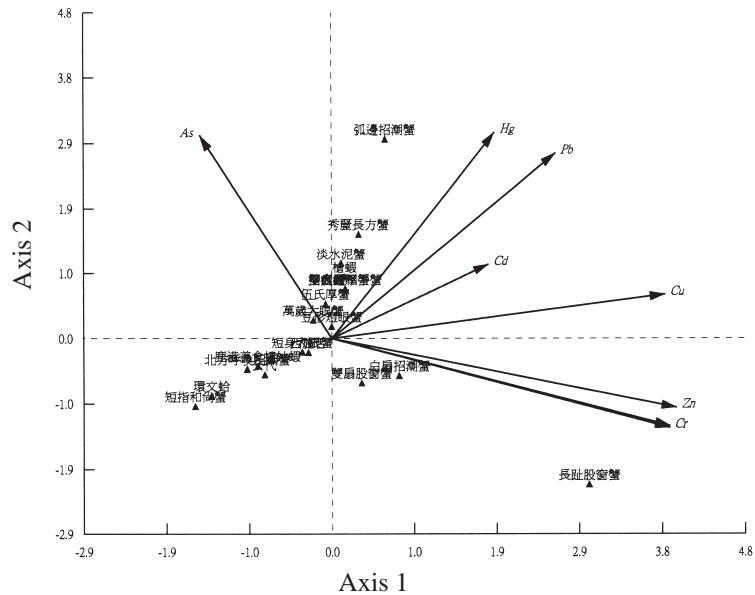


圖10. 物種序列與土壤重金屬含量之分布圖。

Fig. 10. Ordination of 20 species of macro-invertebrates corresponding to soil heavy metal contents along the first two CCA axes (solid triangles, species; arrows, direction of maximum changes of the variables across the diagram).

六、底棲動物重金屬含量檢驗分析

本研究於2000年9月間取樣，依照採樣站A-F及H之位置，採取該樣區內最優勢種的生物體樣本(sample)，檢驗該樣區內該種動物體內的 重金屬含量，主要以蟹類樣本為主，其中採樣站B及C另採貝類樣本，共取得9個底棲動物樣本，樣本編號依採樣站之大寫字母為其編號，貝類樣本於該採樣站之字母後加2為其編號(表3)。

本研究分析不同樣本之間動物體內重金屬含量的差異，首先將9個樣本的底棲動物體內的 重金屬含量值標準化(data standardized)之後，利用群團分析，以皮爾森相似性係數計算其相似性，並依加權配對聯結法，繪成樹狀圖(圖11)，結果發現鉛、鎳、鉻、砷在動物體內含量的相關性高，因此先連結成一群(圖11a)，即同1群樣本中這4種金屬含量值較為接近，這與環境中的重金屬濃度及動物本身的

吸附能力有關。本研究檢視不同物種間的差異，除了銅及汞之外，鎳、鋅、鉛、鎳、鉻、砷在貝類中之含量顯然高於蟹類。由圖11b可看出樣本間的相關性，若將臨界值設於0，可分為3群，B2及C2這兩個貝類的樣本，並沒有與其相同的採樣站(B、C)聯結，表示同物種的含量相似性較高，其他的樣本以H、D、E為1群；A、B、F、C為1群。

再利用主成分分析(Jolliffe 1986)進行底棲動物體內重金屬含量之相關性分析，計算各軸之固有值、各樣區的分數及環境因子的固有向量值(eigenvectors)，繪製第1軸與第2軸的分布序列圖(圖12)，圖中亦可明顯看出蟹類樣本與貝類樣本在第1軸大致呈兩群，B2及C2兩樣本分布於座標軸之右邊，而其他的樣本則集中於左側，而除了銅以外，其餘7項生物體樣本之重金屬含量都與第1軸呈正相關，其中又以砷、鉛及鎳之相關性較高，檢視原

表3. 底棲動物體內之重金屬含量(mg/kg)

Table 3. Heavy metal contents (mg/kg) in the macro-invertebrates sampled at nine stations in the tidal zone of Tatu Estuary in 2000

Station code	Location	Species	Cu	Cd	Zn	Pb	Ni	Cr	As	Hg
A	水鳥公園	<i>Uca lactea</i>	87.5	2.15	66.5	28.5	19.5	20.5	1.48	0.1
B	鐵橋	<i>Uca lactea</i>	76.6	2.65	69.5	29	20.5	24	0.92	0.07
B2	鐵橋	<i>Laternula marilina</i>	24.5	3.5	57	52	32	31.5	2.15	0.06
C	南岸	<i>Uca lactea</i>	81.5	3.15	70.5	27	18.5	22	0.72	0.04
C2	南岸	<i>Laternula marilina</i>	51.5	3.1	118	51.5	41	55	3.66	0.06
D	排水溝南岸	<i>Uca lactea</i>	101	1.6	87	25	22	17	0.88	0.03
E	北岸	<i>Macrophthalmus banzai</i>	108	2.1	70.5	23	22.5	44	1.3	0.05
F	張玉姑廟	<i>Uca arcuata</i>	92	2.6	73	26	12	8.5	1.39	0.07
H	排水溝北岸	<i>Uca lactea</i>	130	2.65	97.5	26.5	23	19	0.88	0.03

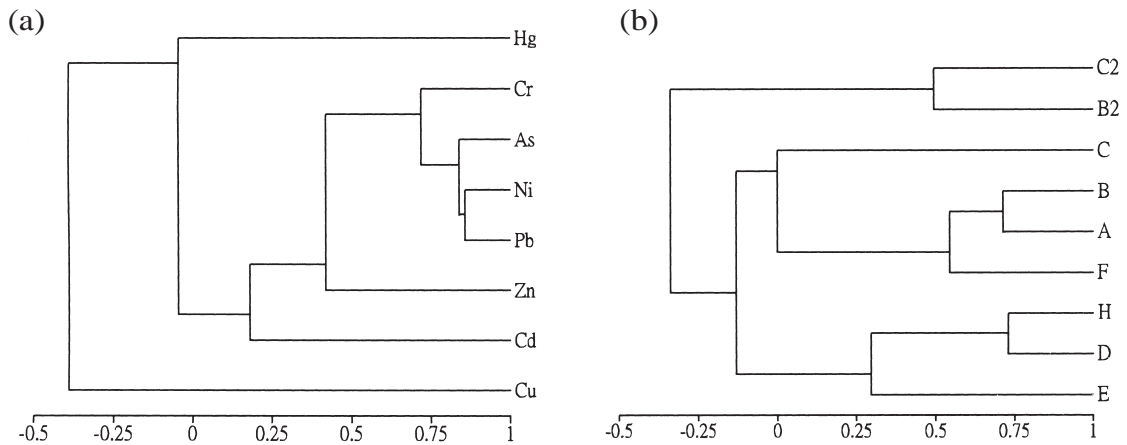


圖11. 底棲動物樣本之重金屬含量層級系統樹狀圖。

Fig. 11. Dendrogram showing the similarity in heavy metal contents in macro-invertebrates among heavy metals (a) and among stations (b).

始資料(表3)亦可看出這3項重金屬含量在貝類體內明顯高於蟹類，而與第1軸呈負相關的銅，則是蟹類體內之銅含量明顯高於貝類。

七、底棲動物體內重金屬含量與土壤重金屬含量之相關性

為瞭解不同採樣站之底棲動物體內重金屬含量對應於其土壤重金屬含量之相關性，本研究將所檢驗的9個底棲動物樣本的重金屬含量值與其對應之採樣站的8項土壤重金屬含量檢測值，進行典型對應分析，計算固有值及底棲動物體內重金屬對應土壤重金屬含量

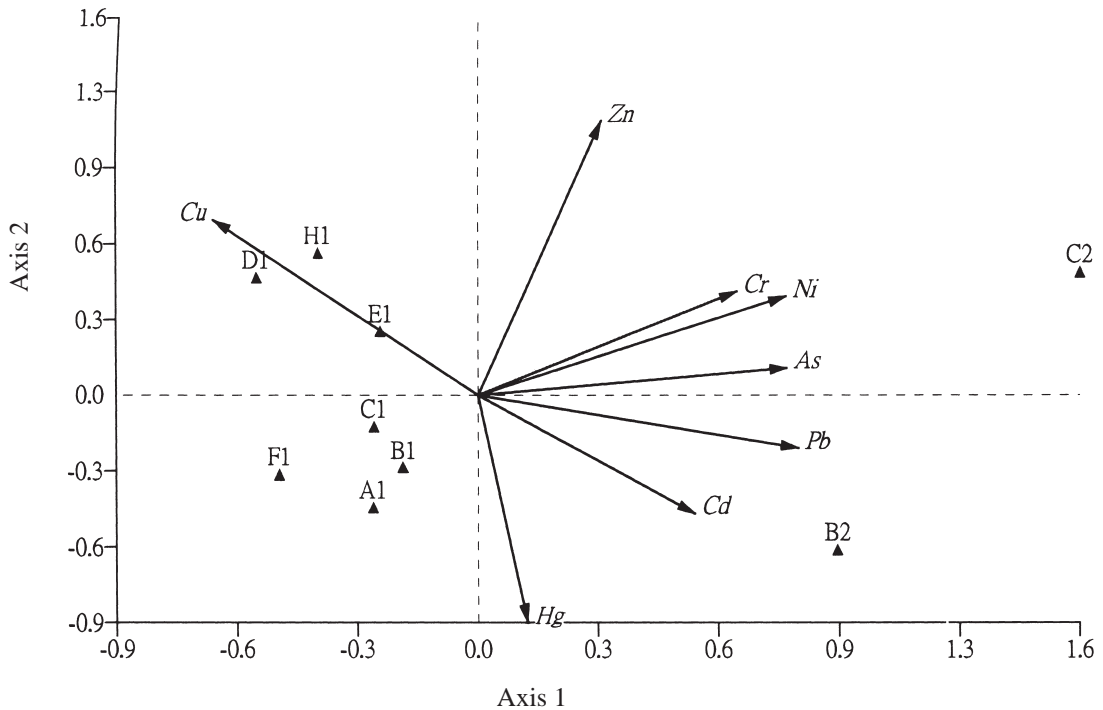


圖12. 底棲動物體內重金屬含量在PCA軸之分布序列(三角形代表樣區，前碼的大寫字母為採樣站，後碼的編號1為蟹類；2為雙殼貝類)。

Fig. 12. Ordination of heavy metal contents in crabs and bivalves at nine sampling stations along the first two PCA axes (solid triangles with number 1, crabs; solid triangles with number 2, bivalves; capitalized letters A–H, sampling stations).

相關係數，再計算土壤重金屬含量的權重及變異數膨脹係數，依據底棲動物體內重金屬含量與土壤重金屬含量在CCA軸之分數，加上各項土壤重金屬含量向量值，將樣區排序在軸上，繪成分布圖(圖12)，可解釋底棲動物體內重金屬含量與土壤重金屬含量變異之相關性。由分布圖得到的訊息，土壤重金屬之鋅、鎳、銅、鉛、鎘、汞等7項值將A、B、C、D、E、H拉到第1軸的左邊，砷將B2、C2拉到第1軸的右邊，可明顯看出這兩個貝類樣本與其他樣本之差異(圖13)。大肚溪口地區確實有污染源，且匯入處之重金屬與

其他地區有頗大的差異(劉 2001)。但由於水域是相通，因此底棲動物應有遷移的機會，所以其體內之重金屬含量雖然有差異，但不若土壤重金屬含量在各樣區的差異大，反而物種的差異大些。因此本分析結果只說明蟹類及貝類之差異，而無法呈現蟹類之差異，為瞭解蟹類之差異，本研究將B2、C2兩個貝類樣本先排除，再分析一次(圖14)，土壤重金屬砷將A、B、C拉到第1軸的右上方，D、F、H被鋅、鎳、銅、鉛、鎘、汞等7項值拉到第1軸的左下方，E獨自成1群。

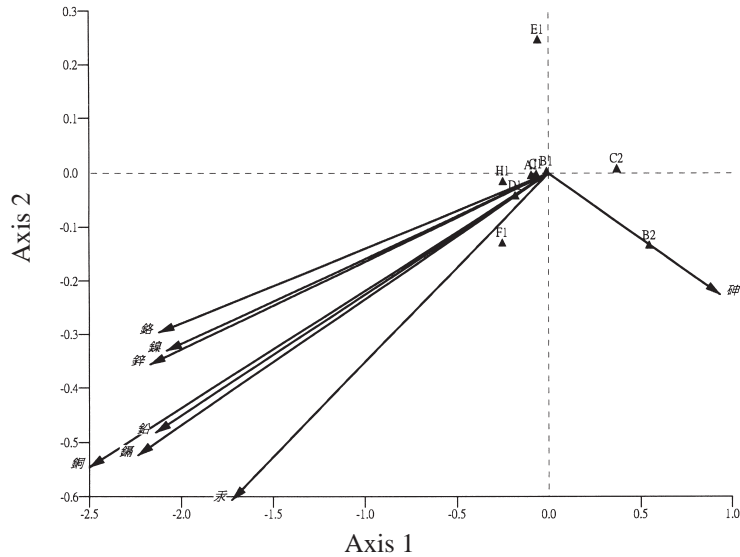


圖13. 底棲動物體內對應於土壤重金屬含量在CCA軸之分布圖，箭頭表土壤重金屬含量，三角形代表底棲動物體內重金屬含量(前碼的大寫字母為採樣站，後碼的編號1為蟹類；2為雙殼貝類)。

Fig. 13. Ordination of heavy metal contents in crabs, bivalves and soils along the first two CCA axes (capitalized letters A–H, sampling stations; solid triangles with number 1, crabs; solid triangles with number 2, bivalve; arrows, soils).

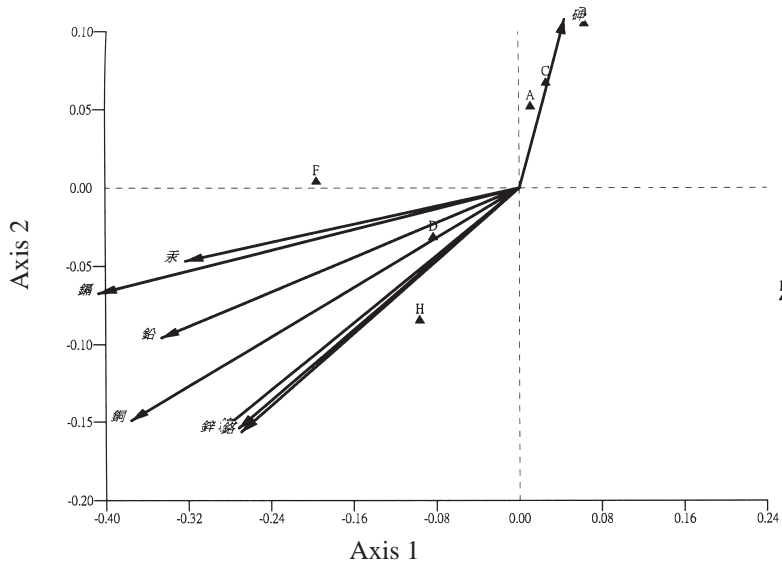


圖14. 蟹類樣本之重金屬含量與土壤重金屬含量在CCA軸之分布圖。

Fig. 14. Ordination of heavy metal contents in crabs and soils along the first two CCA axes (solid triangles, crabs; capitalized letters A–H, sampling stations; arrows, soils).

討 論

國內有關沿海地區動物群聚之研究以鳥類、無脊椎動物及藻類(王 1979)、魚類(邵等 1996; 邵 1997; 林及邵 2000)或珊瑚礁的分析(戴等 1998; 戴等 1999)為多,沙岸地區的底棲動物群聚則是近幾年才陸續有相關文獻發表,其中又以多毛類群聚現象的文獻較多(劉 1994; 謝 1996; 謝等 1998),有些則是針對大型底棲性如蟹類、螺貝類、多毛類等動物綜合探討(劉等 1993, 1994; 陳及陳 1994; 劉 1994; 劉及林 1995; 劉等 1998),然而文獻之呈現仍以敘述統計及定性描述為主,部分以多變數統計分析的文獻,主要的分析方式係以PCA為主,由於PCA的分析結果有時會造成扭曲(蘇 1987),因此本研究利用群團分析及降趨對應分析,探討各樣區及其物種間之變異程度及相關性,以說明底棲動物的群聚現象。

國內西海岸動物群聚研究就地域性而言,以淡水河口及曾文溪口的研究較多(劉等 1993, 1994; 劉 1994; 劉及林 1995; 謝 1996; 陳等 1997; 謝 1997; 謝 1998; 謝等 1998; 劉等 1999a; 邵 2000),相對於各文獻中,有研究顯示從挖仔尾到關渡的底棲動物相有明顯不同(劉及林 1995),曾文溪口地區可依底棲動物組成劃分為10個區域(劉等 1993),這些差異可能是受底質、鹽度、水質等影響,而且植生的種類也是影響其分布的原因(劉等 1993, 1994; 劉及林 1995),而每日的活動時間及季節的變化亦會影響其群聚現象,但種類數無明顯差異,僅數量上有不同(劉及林 1995; 陳 1997),且就本研究結果亦顯示,季節間的差異並不若樣區間的差異明顯。

多數研究底棲動物群聚現象的文獻,都會探討底棲動物與環境因子的相關性,研究小型底棲動物分布現象所選擇的環境因子主

要以土壤的性質為主,如有機質及篩選度等,然而針對大型底棲動物,土壤的粒度及潮位高度則顯重要,然而調查進行時,對於這些環境因子多可於現場判斷,亦有歸納出結論的文獻(劉等 1993, 1994; 劉 1994; 劉及林 1995; 劉等 1999a),而一般文獻較少著墨的是該區內潮水的鹽度、溶氧量及pH值等,由於樣區出現的動物種類及數量係受某些環境因子之影響,當然除了本研究中所檢測的環境因子外,還有許多可能有影響的因子並沒有被列入環境因子的選擇,如營養鹽等,且所分析的 β 項環境因子其影響力大小亦不相等。就本研究的資料而言,有不同棲地類型及季節變化的因子,再加上物種間的交互作用等等因素,因此本研究進一步利用典型對應分析的結果來解釋,類似的分析有以金門慈湖為研究區之文獻,並藉以推測物種群聚現象與所選之環境的相關性(劉等 1998)。事實上所有的資料藉由多變數分析後,仍需仰賴主觀之推測及判斷,本研究的結果大致可瞭解底棲動物群聚的現象,說明主要的物種及有影響的環境因子,但並非解釋其因果關係。由於本區為淡水海交會處,因此匯入淡水處之水質與沿岸地區有頗大的差異。位於沿岸地區的A、B採樣站,鹽度穩定且偏高,這群樣區主要的優勢種有短指和尚蟹、北方呼喚招潮蟹及環文蛤。反之,離海岸較遠的F採樣站的鹽度則不穩定又偏低,樣區內主要的種為弧邊招潮蟹。C、E採樣站位於大肚溪出海口,各項環境因子的值較為折衷,樣區內主要的種為伍氏厚蟹及鹿港美食螻蛄蝦。位於南岸排水溝的D、H採樣站之重金屬含量值偏高,溶氧量的值亦偏高,是極特殊的採樣站,應長期監測之。

台灣西部海岸受污染的情形較一般認知上嚴重,目前國內土壤污染之研究仍以重金屬為主,但在實際執行上僅由土壤重金屬含量值,並無法比較不同區間之差異,亦無法

了解其在土壤受體中累積的快慢(于及林 2000)，由於研究區內確實有污染源(劉 2001)，因此重金屬在生物體內的含量更顯重要。前人的研究文獻主要針對經濟性較高的蚶、螺、魚類進行分析，其環境以水域為主，研究中發現不同區域水體之重金屬量與生物體內之含量有相關，有些生物體內之重金屬雖仍在食品容許範圍內，但不同區域間卻有數倍不等的差異(莊等 1994；劉 1999；黃 2001)。大肚溪口地區是重要的水產養殖區(劉 1998)，重金屬污染情形的研究實有其必要性，然有別於其他的研究，本研究主要針對非經濟物種分析，雖然不同物種間無法互相比較，但仍可由本研究之相同物種在不同區域的差異比較之，結果顯示確實有差異。再者，樣區之間重金屬的差異與底棲動物群聚種類亦有相關，此外，各採樣站之底棲動物體內重金屬含量亦有差異，鎘、鋅、鉛、鎳、鉻、砷在貝類中的含量顯然高於蟹類。D、F、H採樣站中底棲動物體內重金屬含量受鋅、鉻、鎳、銅、鉛、鎘、汞等7項土壤重金屬影響，A、B、C採樣站中底棲動物體內重金屬含量受土壤重金屬砷影響。然因本研究樣本數較低，因此污染對生態可能造成的影響，宜增加採樣數，並以長期監測方式，再作進一步探討。

引用文獻

- 于迺文、林正鏘。土壤重金屬含量變化之評估(二)模式之應用。土壤與環境 3(3): 257-270。
- 王繼忠。1979。台灣東北角岩岸潮間帶底棲無脊椎動物及藻類相群聚結構之研究。台灣大學海洋所碩士論文。63頁。
- 李瑞瓊。1991。大肚溪口水鳥保育區整體發展構想研究。農委會委託研究。東海大學環境規劃及景觀研究中心執行。
- 吳啓南、吳哲榮、李元炎。1997。彰化海岸遙測影像變遷分析研究。工業技術研究院能資所第06-3-86-0318 報告。77頁。
- 吳森雄、顏重威。1990。大肚溪口鳥類生態調查研究報告。台灣野鳥資訊社。
- 林幸助、邵廣昭。2000。台灣北部紅樹林魚類群聚之季節與日夜變化。2000年動物行為與生態研討會。花蓮。
- 邵廣昭、高炳華、王慎之、林幸助、陳義雄。1996。曾文溪流域魚種組成及魚類群聚之研究。「台灣西部環境變遷及資源管理之研究：(1)曾文溪流域」。周昌弘主編。中央研究院環境科學專題研究計畫。219-284頁。
- 邵廣昭。1997。台灣西南海岸曾文溪口沿岸海域魚類群聚結構時空變化之研究。SCORE'97 (97海岸海洋資源與環境學術研討會暨天然產物與新藥研究開發論壇)。香港科技大學。
- 邵廣昭。2000。關渡自然保留區及關渡自然公園生物環境監測與研究期末報告。台北市建設局。343頁。
- 莊淑滿、張穗蘋、盧宗榮。1994。台南地區河口魚類重金屬含量之調查研究。海岸濕地生態及保育研討會論文集166-179頁。中華民國野鳥學會。
- 陳恩理、陳章波。1994。底棲無脊椎動物群聚研究於海岸溼地鳥類保護區規劃的角色。海岸濕地生態及保育研討會論文集144-154頁。中華民國野鳥學會。
- 陳炳煌。1987。大肚溪口鳥類保護區之研究。農委會委託研究。
- 陳炳煌。1994。大肚溪口水鳥與人共存之新展望。第一屆海峽兩岸鳥類學術研討會論文集。
- 陳炳煌。1997。大肚溪口水鳥保護區自然資源調查及環境監測計畫。彰化縣政府委託研究。東海大學執行。39頁。

- 陳炳煌、呂正仁。1997。大肚溪口水鳥族群消長之初步探討。中台灣自然保育研討會論文集118-133頁。
- 郭金棟。1990。台灣海岸地形變化及其未來之開發利用。成功大學水利及海洋工程研究所。209頁。
- 黃品薰。2001。香山地區牡蠣群體、沈積物及懸浮顆粒重金屬含量之季節與區域變化。台灣大學海洋所碩士論文。123頁。
- 彰化縣政府、台中縣政府。1994。大肚溪口水鳥類保護區保育計畫書(核定本)。
- 彰化縣政府。1996。大肚溪口水鳥保護區經營管理計畫。彰化縣政府委託研究。中興大學土木工程研究所執行。
- 劉永貴。1999。台灣西部沿岸蚵螺體內重金屬對其性變異之研究。台灣大學海洋所碩士論文。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑。1983。森林植物生態學。台灣商務印書館。462頁。
- 劉炯錫。1994。淡水河河口潮間帶多毛類動物的群聚動態。國立台灣大學動物學研究所博士論文。
- 劉炯錫、林曜松。1995。淡水河河口潮間帶之底棲動物相。第二屆海岸及濕地生態保育研討會論文集159-166頁。中華民國野鳥學會。
- 劉弼仁、謝蕙蓮、陳朝金、林志國、陳章波。1998。金門慈湖的底棲環境與大型底棲動物的分布。國家公園學報 8(1): 12-25。
- 劉靜榆、賴國祥、曾彥學、林旭宏、侯安環。1993。台灣西南沿海生物資源調查。I。曾文溪口生物資源調查。台灣省特有生物研究保育中心82年度試驗研究計畫執行成果。71-121頁。
- 劉靜榆。1994。曾文溪口生物資源調查。生物資源調查研討會論文集355-402頁。台灣省特有生物研究保育中心出版。
- 劉靜榆、顏仁德、賴國祥、曾彥學、林旭宏、侯安環。1994。台灣西南沿海生物資源調查。II。台南縣市沿海生物資源調查。台灣省特有生物研究保育中心83年度試驗研究計畫執行成果。101-151頁。
- 劉靜榆、李訓煌、曾彥學、沈慧萍。1998。野生動物保護區環境監測模式建立之研究。台灣省特有生物研究保育中心87年度試驗研究計畫執行成果。18-27頁。
- 劉靜榆。1998。大肚溪口野生動物保護區生態導覽。特有生物研究保育中心及彰化縣政府出版。160頁。
- 劉靜榆、曾彥學、吳萃慧、李訓煌。1999a。台灣西南沿海生物資源調查。特有生物保育研討會論文集16-47頁。
- 劉靜榆、李訓煌、曾彥學、沈慧萍。1999b。野生動物保護區環境監測模式建立之研究—以大肚溪口及四草野生動物保護區為例。台灣省特有生物研究保育中心88年度試驗研究計畫執行成果。1-13頁。
- 劉靜榆。2001。大肚溪口地區環境監測研究。國立台灣博物館年刊 43: 1-25。
- 謝蕙蓮。1996。淡水河紅樹林沼澤區多毛類群聚結構的時空變化：沈積物及微棲地的影響。紅樹林生態系研討會論文集 199-222頁。
- 謝蕙蓮。1997。底棲生物。「淡水河下游生物相群聚之動態調查」、「淡水河污染整治對生態影響之研究」及「基隆河污染源與底棲生物採樣分析調查」計畫期末報告6-1-6-58頁。行政院環境保護署(EPA-86-G106-09-14)。
- 謝蕙蓮。1998。曾文溪口沿岸底棲群聚之角色—一次級生產量與碎屑傳送。「曾文溪口海岸地區陸海交互作用之研究」研究成果論文集(三)。子計畫十一。國科會。
- 謝蕙蓮、蔡佩玲、陳瑞賓。1998。底棲無脊

- 椎動物。「淡水河系污染整治對生物相群聚動態影響」計畫(EPA-87-G106-03-05)期末報告書6-1-6-51頁。行政院環境保護署。
- 戴昌鳳、陳永澤、郭坤銘、莊正賢。1998。墾丁國家公園南灣海域珊瑚群聚的變遷：1987至1997年。國家公園學報8(2)：79-99。
- 戴昌鳳、郭坤銘、陳永澤、莊正賢。1999。墾丁國家公園東岸及西岸海域珊瑚群聚的變遷。國家公園學報9(2)：112-130。
- 顏重威。1988。彰化縣伸港鄉海埔地鳥類保護區規劃報告。農委會委託研究。
- 蘇鴻傑。1987。植群生態多變分析方法之研究(III)。降趨對應分析法及相關分布系列。中華林學季刊20(3)：45-68。
- Clymo, R. S. 1980. Preliminary survey of the peat-bog Hummell Knowe Moss is using various numerical method. *Vegetatio* 42: 129-148.
- Everitt, B. 1980. Cluster analysis. 2nd Edition. Gower Publishing Co., Hampshire. 136 pp.
- Gauch, H. G. Jr. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, New York.
- Hill, M. O. 1973. Reciprocal averaging: An eigenvector method of ordination. *Journal of Ecology* 61: 237-249.
- Hill, M. O. 1979. DECORANA - A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Cornell University, Ithaca, New York.
- Hill, M. O., and H. G. Gauch, Jr. 1980. Detrended correspondence analysis: An improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- Jolliffe, I. T. 1986. Principal components analysis. Springer-Verlag, New York.
- Kovach, W. L. 1999. MVSP-Multi-Variate Statistical Package for window, ver. 3.1 Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, UK.
- Maarel, E. van der 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39: 97-114.
- Noy-Meir, I. 1973. Data transformations in ecological ordination. I. Some advantages of non-centering. *Journal of Ecology* 61: 329-341.
- ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- ter Braak, C. J. F. 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 64: 69-77.

Benthic Macro-Invertebrate Community in the Tatu Estuary and Its Relation to Heavy Metal Contents

Ching-Yu Liou

Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

Abstract

Tatu Estuary in the central western Taiwan is the largest coastal sanctuary of the island. To understand the interaction of the benthic macro-invertebrate community and its surrounding environments in the tidal zone, macro-invertebrates were sampled seasonally at nine sampling stations at intervals of three months in 2000. Salinity, pH value, and dissolved oxygen saturation were measured seasonally. Contents of heavy metals, including cadmium, nickel, lead, zinc, chromium, copper, arsenic and mercury in soil and macro-invertebrates were analyzed. The results indicated that there was conspicuous variation in the benthic macro-invertebrate community structure among the sampling stations, but not among the seasons. Water quality affected the community structure. The heavy metal contents were highly variable among the stations for soils, but not for macro-invertebrates. The heavy metal contents were also more variable among species than among sampling stations. The contents of cadmium, nickel, lead, zinc, chromium and arsenic in bivalves were higher than those in crabs.

Key words: benthic macro-invertebrates, community structure, heavy metals, Tatu Estuary, tidal zone

Received: May 23, 2001

Accepted: January 21, 2002

以數位錄影系統探討台灣窗螢幼蟲化蛹與羽化過程

何健鎔^{1,2} 黃獻文¹ 蘇宗宏²

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

²國立中興大學昆蟲學系 台中市國光路250號

摘要

本研究自行規劃組裝之數位錄影系統，包括電腦系統主機與影像擷取卡、40G硬碟、12倍速光碟燒錄機、高畫質監視器CCD、紅外線燈源、影像作業軟體與相關周邊設備。本系統與錄影帶錄影系統和DV攝影系統相較下，其功能、資料管理、速度與可擴充性皆較佳，能夠有效地在夜間工作，適合作為夜行性螢火蟲活動的監視與記錄系統。在化蛹與羽化之發生頻度呈逢機分布，雌蟲化蛹平均所需時間 58.37 ± 26.89 min，而雄蟲為 64.50 ± 47.96 min。雌蟲羽化平均所需時間 101.66 ± 52.60 min，而雄蟲為 85.04 ± 57.96 min，兩者在雌雄之間無顯著差異(t-test, $p > 0.05$)。

關鍵詞：數位錄影系統、化蛹、羽化、螢火蟲、台灣窗螢

收件日期：2001年10月17日

接受日期：2002年4月15日

緒言

台灣窗螢 *Pyrocoelia analis* (Fabricius, 1801) 又名大陸窗螢，屬鞘翅目 Coleoptera，菊虎總科 Cantharoidea，螢科 Lampyridae 之昆蟲。根據國家公園的螢火蟲相調查與台灣產螢科的分類等研究報告中得知(楊 1996, 1997; 賴等 1998; 鄭等 1999; 張等 2000)，台灣窗螢為平原間常見螢火蟲。在台南縣地區，台灣窗螢主要棲地包括有都市公園、水庫草原與農田地區間，為普遍發生的螢火蟲(何 1997; 何等 1998)。近年來在中部地區偶有台灣窗螢大發生(outbreak)，經地方媒體報導，引起民眾好奇，前往觀賞發光景觀，是偶發性大發生現象(何 1998; 程 2000)。

研究螢火蟲夜間行為，常需要長期調查記錄，十分耗費體力，成本需求大，挑戰性也高，對於一般研究者而言，是一項阻力。

為克服這些研究工作上的困難，以自行規劃組裝夜間行為錄影工具，作為探討螢火蟲夜間活動的基本設備。目前將可利用的行為錄影方式簡單區分為三類，如圖1，第一類以 Hi8、DV、D8 等家庭用數位錄影機將螢火蟲行為錄下，利用播放系統在顯示器上觀察，再將數據記錄下來。Ohba 博士曾經利用數位錄影機探討螢火蟲捕食行為與交尾行為等(Ohba and Goto 1997; Ohba *et al.* 1996a, 1996b, 1997)，如圖1A。第二類是以監視器 CCD 以傳輸線接在錄放影機上，利用畫面分割與切換方式，可監看各組 CCD 情況，如圖1B。第三類是利用監視器 CCD 以傳輸線接在電腦上，以數位影像儲存於硬碟中，可長時間錄影，如圖1C。為解決夜間長時間記錄螢火蟲活動之困難，本系統以第三類為規劃設置的基本架構，裝置數位影像系統記錄台灣窗螢幼蟲化蛹與羽化過程。

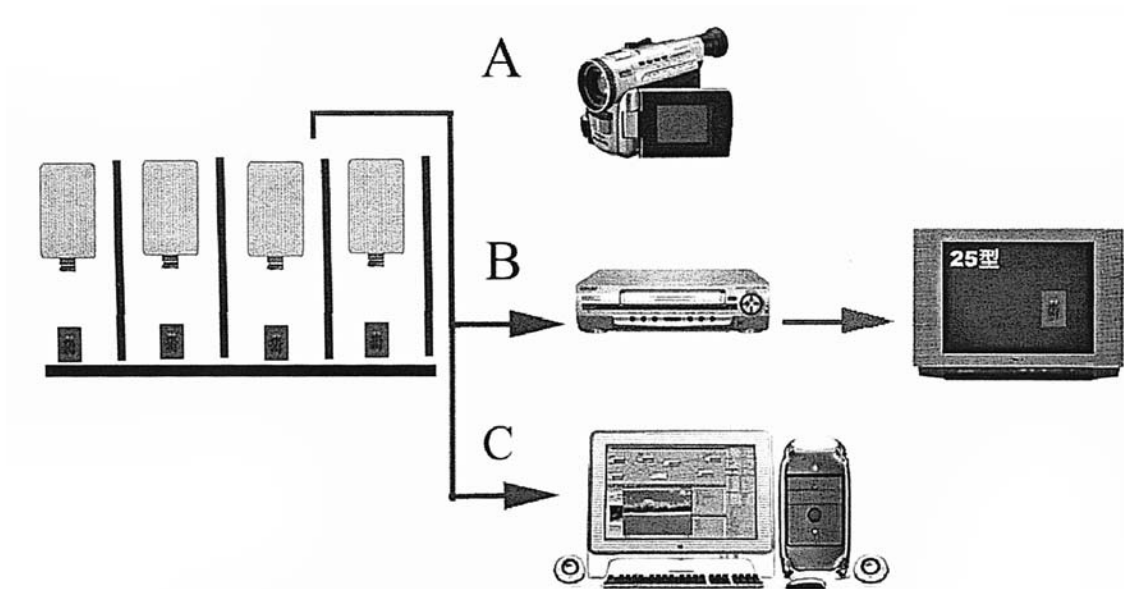


圖1. 錄影系統之類別。A，DV攝影系統；B，錄放影機錄影系統；C，數位錄影系統。

Fig. 1. Types of the recording systems. (A, digital video camera system; B, video system; C, digital video system).

材料與方法

一、數位錄影系統規劃與設置

- (一) 系統主機：選購個人電腦一部，工業級電腦主機板、Pentium III CPU、17吋彩色電腦螢幕、40G硬碟、12倍速光碟燒錄機。
- (二) 影像擷取卡：本系統裝置高畫質影像擷取卡2式，每式可接4枚監視器CCD，每台電腦最多可擴充到4式影像擷取卡。
- (三) 監視器CCD：4支CCD監視器接在一張影像擷取卡，共8支。高畫質監視器CCD，具感光耦(CMOS)1/3吋，日夜兩用，彩色41萬畫素，水平解析度420條電視掃描線，最高可達540條電視掃描線，0 lux照度需求，自動電子快門，具自動逆光補正開關功能。鏡頭之焦點距離

6.0 mm，背後焦點距離7.5 mm，光圈值1.8。

- (四) 紅外線燈源：夜間錄影時需要投射紅外線燈源，以調整最佳之對比色，以能夠擷取螢火蟲發光的影像為主，並能清楚的呈現活動的情形。
- (五) 其它材料：監視器自由固定架、接頭、電源線、插座、延長線、同軸連接線材等等。
- (六) 影像作業軟體：以Windows 98 作業系統，按下Windows的開始鍵並選擇程式集，進入CHATEAU V4.0應用程式。螢幕上會出現已經設定啓用的影像視窗開始錄影或監視，可以同時錄影8個鏡頭或監視8個畫面。每張卡有不同的環境設定。錄影時可同時播放多個已存檔的影像檔案，可同時觀看多張已儲存的靜態圖片。以上功能可同時執行。

1. 影像視窗：可以直接啓動或關閉影像擷取卡上個別的鏡頭。若新啓動的鏡頭原本並未在主視窗開啓錄影視窗，則必須再按一次錄影鍵，開啓新的錄影視窗。本系統可執行8個分割畫面。
2. 錄影視窗：CHATEAU系統中採用了智慧型影像動態偵測技術，比對兩個連續的圖像，如果有某種程度的變動，CHATEAU系統才執行錄影及其他相關警報的觸發，若影像都沒有變化的話，CHATEAU系統就會採取固定時間錄影，使得影像檔案容量能夠被壓縮的更小，進而減少儲存硬碟的空間，延長錄影時間。
3. 動態偵測功能：在錄影中，如框選了一個偵測區域，系統會針對所選擇的區域進行動態偵測。系統允許每個鏡頭最多設定三個偵測區。觸動偵測區啓動錄影功能只有在偵測區域內的影像改變才會啓動錄影，設定方式請參閱警報設定內容中觸動偵測區啓動影像錄影。
4. 拍照：在錄影中可以擷取靜止圖片。影像是以BMP檔案格式儲存，可以使用其它影像處理軟體進行編輯、處理，或是用印表機將其列印出來，可以立即進行討論與分析。
5. 放影：放影視窗按下按鍵可以選擇想要播放的影像檔案，螢幕將顯示搜尋影像資料的畫面，選擇要搜尋的日期，然後按下全部列出鍵，會依照時間順序排列當天所有的影像檔案。標示出每一個影像檔案錄影的時間、錄製的CHATEAU卡名稱、攝影鏡頭名稱、檔案大小、影像性質，並且有排序之功能，因此從影像檔案清單播放影像檔案點選需要的檔案然後按下開啓鍵，CHATEAU系統會開始播放該影像檔。
6. 慢速放影：播放影像時每按慢速放影鍵一次，播放影像的速度會減慢。按第一次變為正常播放速度的二分之一；按第二次變為正常播放速度的四分之一；按第三次變為正常播放速度的六分之一；按第四次變為正常播放速度的八分之一；按第五次以後變為正常播放速度的十分之一。
7. 快速放影：播放影像時每按快速放影鍵一次，影像的播放速度將加速。按第一次變

表1. 三種錄影系統在價格、儲存設備與功能特性與效率之比較

Table 1. Comparison of costs, storage equipment, and functional quality and efficiencies among the three recording system

Items	Digital video system	Video system	Digital video camera system
Storage equipment	Hard disk	180m Video tape	120m Video tape
Functional quality and efficiencies			
Image quality	Common	Common	Good
Broadcasting system	Quick	Slow	Slow
Search system	Quick	Slow	Slow
Camera system	Quick	Slow	Slow
Space of storage	Small	Big	Big
Extension	Good	Common	Common
Costs (NT\$)	80,000	80,000	60,000

為正常播放速度的二倍；按第二次變為正常播放速度的四倍；按第三次變為正常播放速度的六倍；按第四次變為正常播放速度的八倍；按第五次以後變為正常播放速度的十倍。

8. 向前尋找：此按鍵功能和傳統錄放影機的快速前進鍵類似。在放影時按下該按鍵，影片將前進一段時間播放。其效果與直接使用滑鼠將時間軸指標向右移動相同。

二、蟲源與飼育方法

幼蟲於1998年5月間採自雲林縣西螺鎮廢棄田地中，攜回研究室累代飼養至第三代，單隻飼養幼蟲，飼養方法是將舒潔牌抽取式白色衛生紙對摺二次後，植入透明塑膠盒中(高度 6 cm，底部直徑 8 cm，開口直徑 9.5 cm)，以塑膠滴管注入5 ml之去離子水，每日飼養供給扁蝸牛活體，加蓋後並在蓋子畫上十字孔(2 cm x 2 cm)；隔日，將衛生紙抽換，再行注入少許去離子水。將飼育盒放置於陰暗通風處，俟其幼蟲進入前蛹期，分別編號作為錄影之供試蟲源。

三、錄影方式與條件環境

黃色塑膠盒(W x L x H = 5.5 cm x 7.5 cm x 5.2 cm)底層鋪設白色衛生紙，加入1滴去離子水，以保持潮濕狀態，選擇1隻前蛹期幼蟲放入黃色塑膠盒中為一組，置於錄影台上，一枚監視器CCD錄製一組，對焦後以滿格影像取景錄影。為了減少錄影時的相互干擾，以厚紙板區隔每組蟲，夜間來臨啟動光感應紅外線投射器加以補光，以利夜間錄影。當蟲體化蛹完成，換取另一組。羽化時的處理方式與化蛹同。另以DATA LOGGER溫度記錄器記錄室內溫度變化，每週整理分析研究中之溫度變化。化蛹後，以微量天秤(METTLER/德國AE100)測量當日蛹重量。

四、資料分析與記錄

將開啓影像檔案放影，該檔案係以每小時為單位的錄影模式，因此可依其時間序列分別放影記錄。由於放影時間過長，為節省時間可以快速放影與向前尋找來找到發生時間，再利用慢速放影觀察記錄其細微之行為動作；另開啓EXCEL 2000，以小視窗分別記錄其時間與動作行為。

化蛹過程主要是從前胸背板的開裂開始，到蛻下表皮間的時間；蛹體體色變黑後，由前胸背板開裂，到成蟲從蛹皮中爬出，到前翅黑化間的時間。每隻行為過程，先用硬碟存檔，經整理後，刪除不必要的影像，以光碟燒錄機將重要過程用檔案燒錄，編號永久保存。也可利用拍照功能，擷取靜止圖片，存成BMP檔案格式。再經過Photoshop或其它影像處理軟體進行編輯、處理，將可組成6格或8格重要畫面，以表現其化蛹和羽化過程，儲存重要圖片檔，也可用彩色噴墨印表機列印。

結果與討論

一、行為錄影系統設置與比較

觀察行為發展期的過程中，能夠利用方便與有效器材是非常重要的，從早期的相機、8 mm錄影機、16 mm錄影機、Hi8錄影機、V8錄影機、D8錄影機、DV與BETACAM錄影機等等系統。監視器CCD數位影像漸漸取代了部分傳統底片，又製程與畫質的改進，輕巧方便的監視器CCD成為行為錄影的良好工具。傳統上，利用錄放影機來儲存類比式之影像資料，目前錄影帶最長錄影時間180分鐘；而通常用的Hi8、D8、DV8等攝影機120分鐘，需要經常更換錄影帶，如果是監看夜間的昆蟲活動，需要人力的補充外；錄影帶成本較高，如果長時間觀察下，容易累積相當多的觀察帶，造成儲存空間明顯不

夠，將來找尋又不方便。改由電腦硬碟儲存，由於硬碟儲存空間大，價格低廉，合適儲存大量資料，再經資料分門別類依序整理，利用光碟燒錄機將重要資料燒錄成光碟片備份永久保存，其優缺點之比較如表1。此外在長時間的錄影下，需使用工業級電腦主機板，以免工作時間長，發生當機現象，加裝不斷電系統，也可以減低停電所造成之影響。

傳統錄影系統僅能觀察記錄1個體，如果要處理4個體，就需要架設4台監視器CCD，並連接4台錄放影機，這樣所花費的成本相當高。本系統所架設數位錄影系統一次可以觀察記錄8個體(最高可以擴充到16監視器CCD)，從效率與成本上比較，是較為經濟的研究工具。

在放影功能上，可慢速放影，不遺漏細微的行為動作；快速放影，對於蒐尋發生的時間，具有良好的功能；此外向前尋找，直接使用滑鼠將時間軸指標向右移動相同，可達快速蒐尋的效果。

資料整理與記錄需要許多人力，如用傳統的錄放影機與DV攝影機，需要在電視螢幕前長時間觀察，畫質較差，記錄者眼睛容易疲倦，如果使用電腦螢幕或液晶顯示螢幕，畫質佳且效果好，比較上是較佳的設置方式。在Windows 98作業系統下，另可開啓EXCEL的小視窗，一邊觀察一邊鍵入資料，

快速且方便。目前也有許多相當好之行為分析軟體，如Noldus行為分析軟體，雖然功能強大，包含後續的統計分析，可運用於行為科學研究，但其軟體價格較高，從經濟成本上考量，對於基礎生物學的研究，本系統可接受度較高。

隨著科技進步，監視器CCD的品質日益提高，畫質更佳；電腦系統處理資料速度快，硬碟能儲存資料的容量高。影像擷取卡影像模式更多且更好，未來電腦主機系統的擴充性高，考量未來發展空間，數位行為錄影系統將是今日做行為研究上的良好設備。

二、化蛹

在室內環境(26.0-29.2°C ; 99 % RH ; 正常日照)條件下，將編號的前蛹放置於錄影台上，開啓數位行為錄影系統，資料檔案經燒錄機備份儲存。經整理已儲存影像檔案，描述台灣窗螢幼蟲化蛹過程。幼蟲在化蛹前身體倒立或側立，進入前蛹期，前蛹期 2.5 ± 0.6 day，腹部朝上，慢慢上下擺動，前胸側板最先裂開，開裂至後胸處，再經連續的上下擺動，向前推出，完成蛻皮，剛蛻皮之蛹為白色。另以快拍模式，將化蛹過程影像擷取下，經整理如圖2。雌性蛹體型較大，僅存有翅芽；雄性蛹體型較小，有明顯翅芽，容易區別。雌蛹重 1.2496 ± 0.599 g (n = 53)；雄蛹重 0.3578 ± 0.1057 g (n = 52)；以t-test檢定，有

表2. 台灣窗螢化蛹與羽化所需時間

Table 2. Time duration for the pupation and emergence processes of *P. analis*

Process	Sex	Number of samples	Time duration (min)		
			Mean \pm SD	Maximum	Minimum
Pupation	Male	42	64.50 \pm 47.96	213	29
	Female	43	58.37 \pm 26.89	145	31
Emergence	Male	47	85.04 \pm 57.96	347	26
	Female	51	101.66 \pm 52.60	354	36

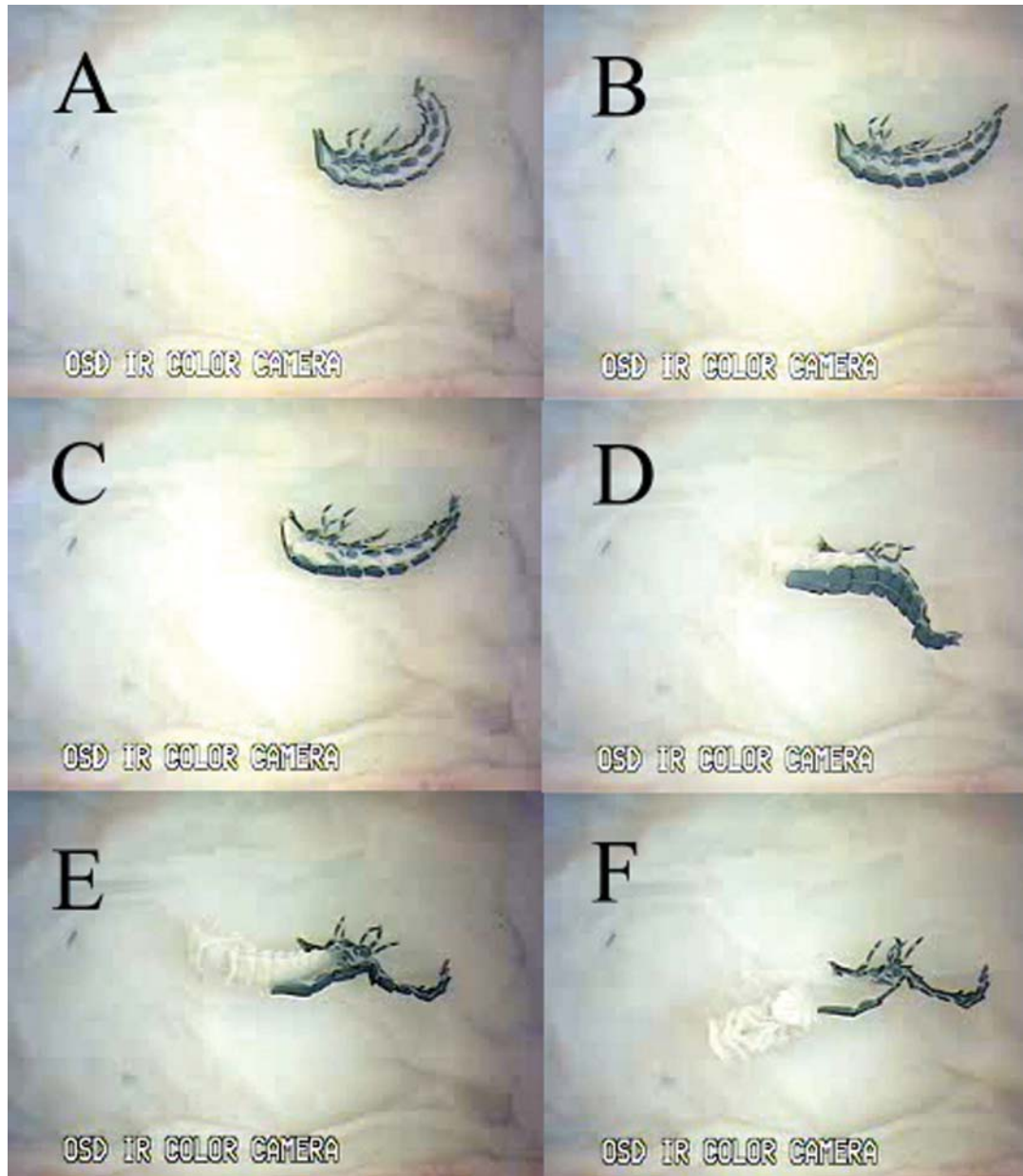


圖2. 台灣窗螢化蛹過程。A，幼蟲在化蛹前身體倒立或側立，進入前蛹期；B，腹部朝上，慢慢上下擺動；C，前胸側板最先裂開；D，開裂至後胸處；E，再經連續的上下擺動，向前推出；F，完成蛻皮，剛蛻皮之雄蛹為乳白色。

Fig. 2. The pupation process of *P. analis* (A, prepupa with body upside down or laying laterally; B, prepupa with body slowing and moving ventrally up and down; C, occurrence of cleft from front to both lateral sides of the pleural prothorax; D, cleft enlarged to thorax; E, pupa moving up and down out of the cleft; F, completion of pupation with formation of milky colored pupa).

顯著差異($p < 0.05$)。

從頻度分布圖得知化蛹時間無明顯發生高峰(圖3)，經計算離散係數 $CD = 1.14$ ，接近於1；再將頻度分布作成次數分布圖後，以卡方檢定，其 χ^2 值為 $0.802 < \chi^2_{0.05}$ ， $df = 5$ ，未達差異顯著水準，化蛹時間之分布屬卜瓦松分布(Poisson distribution)，是逢機分布型式。雌蟲化蛹平均所需時間 $58.37 \pm 26.89 \text{ min}$ ($n = 43$)，雄蟲化蛹平均所需時間 $64.50 \pm 47.96 \text{ min}$ ($n = 42$)，以t-test檢定，沒有顯著差異($p > 0.05$)。

三、羽化

在室內環境($26.0-29.2^\circ\text{C}$; $99\% \text{ RH}$; 正常日照)條件下，將編號的蛹體放置於錄影台

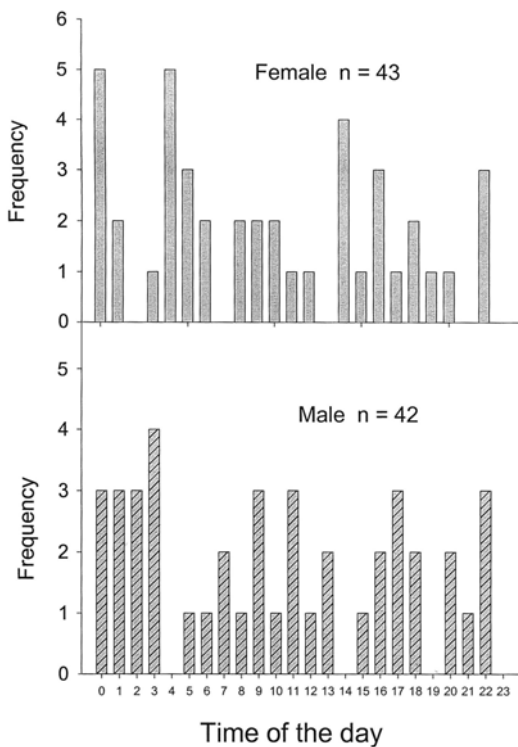


圖3. 臺灣窗螢化蛹時間頻度分布。

Fig. 3. Frequency distribution of pupation of *P. analis*.

上，開啓數位行為錄影系統，資料檔案經燒錄機備份儲存。將開啓影像檔案進行整理，描述羽化過程。蛹在羽化前，複眼、胸部與腹部略轉為黑色，雄性翅芽略脹，足部也略為張開，腹部朝上，慢慢上下擺動，由前胸側板中線最先裂開，再經連續的上下擺動，頭部與胸部出來後，慢慢向前推出，將身體轉正後，羽化退出蛹殼，剛羽化的成蟲為白色，需經一段時間後，身體變黑。另以快拍模式，將化蛹過程之影像擷取出，經整理如圖4。

從頻度分布圖得知羽化時間無明顯發生高峰(圖5)，經計算離散係數 $CD = 1.09$ ，接近於1；再將頻度分布作成次數分布圖後，以卡方檢定， χ^2 值為 $0.191 < \chi^2_{0.01}$ ， $df = 6$ ，未達差異顯著水準，其羽化時間分布屬卜瓦松分布，為逢機分布型式。雌蟲化蛹平均所需時間 $58.37 \pm 26.89 \text{ min}$ ($n = 43$)，雄蟲化蛹平均所需時間 $64.50 \pm 47.96 \text{ min}$ ($n = 42$)，以t-test檢定，沒有顯著差異($p > 0.05$)。從圖5得知雌蟲與雄蟲在羽化時間無明顯的發生高峰，雌蟲羽化平均所需時間 $101.66 \pm 52.60 \text{ min}$ ($n = 51$)，雄蟲羽化平均所需時間 $85.04 \pm 57.96 \text{ min}$ ($n = 47$)，由於雌蟲體型較大，而在羽化時所需時間較長，以t-test檢定，則沒有顯著差異($p > 0.05$)。

謝 誌

本研究蒙研究室同仁姜碧惠與張秀姍小姐協助養蟲工作與相關試驗，程文貴先生協助野外台灣窗螢採集，謹此申謝。

引用文獻

何健鎔。1997。黑暗中的小燈籠—螢火蟲。台灣省特有生物研究保育中心出版。



圖4. 台灣窗螢雄蛹羽化過程。A，蛹之複眼、胸部與腹部略轉為黑色；B，雄性翅芽略脹，發光器發出黃綠色螢光；C，足部也略為張開；D，腹部朝上，慢慢上下擺動，且側翻；E，由前胸背板中線最先裂開；F，頭部與胸部出來後，慢慢向前推出；G，將身體轉正後，退出蛹殼，乳白色；H，漸漸地身體變黑。

Fig. 4. The emergences process of *P. analis* (A, the compound eyes, thorax and abdomen of pupa turn dark; B, the wing bug swelled and yellow greenish light emitted from the light organ; C, extension of legs slowly; D, the body upside down or laying laterally; E, occurrence of cleft from the central of prothorax; F, head and thorax moving from molt slowly; G, body turned and came from the molt with milky color; H, body color turned black litter by litter).

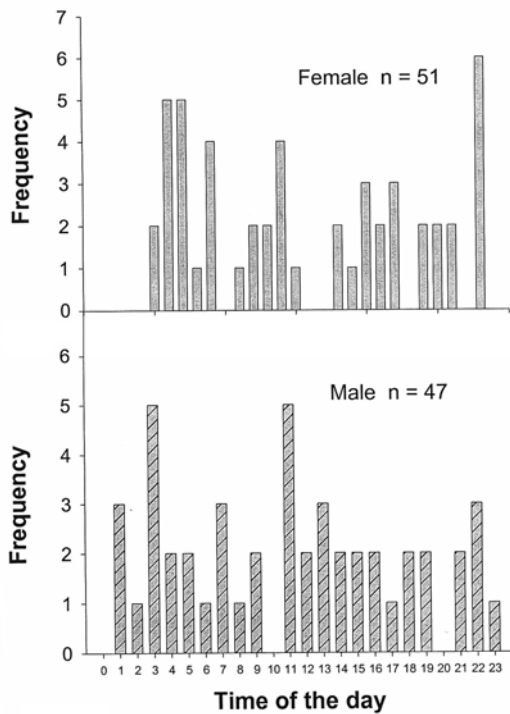


圖5. 台灣窗螢幼蟲羽化時間頻度分布。

Fig. 5. Frequency distribution of emergence of *P. analis*.

131 頁。南投縣。

何健鎔。1998。西螺地區台灣窗螢大發生。自然保育季刊 24: 48-53。

何健鎔、林春基、顏仁德。1998。台南縣螢火蟲資源調查。國立台灣大學農學院實驗林研究報告 12(2): 121-127。

張念臺、陳仁昭、許文綺。2000。南仁山長期生態研究區螢火蟲相調查—並論生態區之相似性比較。中華昆蟲 20: 57-61。

程文貴。2000。西螺台灣窗螢再發光。自然保育季刊 32: 34-37。

楊平世。1996。雪霸國家公園螢火蟲生態研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處出版。30 頁。苗栗縣。

楊平世。1997。國家公園螢火蟲復育研究計

畫。內政部營建署出版。42 頁。台北市。

鄭明倫、賴郁雯、楊平世。1999。台灣六座國家公園螢火蟲相概要(鞘翅目：螢科)。中華昆蟲 19: 65-91。

賴郁雯、佐藤正孝、楊平世。1998。台灣產螢科名錄(鞘翅目：多食亞目：螢科)。中華昆蟲 18: 207-215。

Ohba, N., Y. Goto, and I. Kawashima. 1996a. External morphology and behavior of *Rhagophthalmus ohbai* Wittmer, 1994 (Coleoptera: Rhagophthalmidae) and its habitat. Science Report Yokosuka City Museum 44: 1-19.

Ohba, N., Y. Takai, Y. Goto, and I. Kawashima. 1996b. External morphology and behavior of adult male of *Lucidina okadai* Nakane et Ohba (Coleoptera: Lampyridae) and its habitat. Science Report Yokosuka City Museum 44: 33-45.

Ohba, N., and Y. Goto. 1997. Competitive behavior of mating males in the firefly, *Pyrocoelia abdominalis* (Coleoptera: Lampyridae). Science Report Yokosuka City Museum 45: 39-44.

Ohba, N., Y. Goto, and I. Kawashima. 1997. Behavior and adult female morphology and firefly, genus *Stenocladus* (Coleoptera: Lampyridae) in Japan. Science Report Yokosuka City Museum 45: 23-37.

Using a Digital Video System to Study Pupation and Emergence of the Firefly *Pyrocoelia analis* (Fabricius)

Jen-Zon Ho², Hsien-Wen Huang¹ and Tsong-Hong Su²

¹Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

²Department of Entomology, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

Abstract

We set up a digital video system that connected to the main system of personal computer with an image card, a 40G hard disk, a 12X CDR, and a high quality CCD. It was provided with infrared light as its illumination source. This system was found to be better than the video system and the digital video camera system in functional quality and efficiencies, such as image view, storage, transfer and extension, and data collection and management. The digital video system is a useful monitoring system particularly suitable for studies on activities of nocturnal fireflies. In this study the digital video system was tested to monitor the pupation and emergence of the firefly *Pyrocoelia analis* Fabricius. The results showed that occurrence of the pupation and emergency during 24 hours of the day were the random phenomena without a peak occurrence. The time duration for the pupation was 58.37 ± 26.89 min for females and 64.50 ± 47.96 min for males, while for the emergence was 101.66 ± 52.60 min for females, and 85.04 ± 57.96 min for males. However, there was no sexual significant difference in these two characters (t-test, $p > 0.05$).

Key words: digital video system, pupation, emergence, firefly, *Pyrocoelia analis*

Received: October 17, 2001

Accepted: April 15, 2002

Four Species of Boletes Newly Recorded to Taiwan

Chien-Ming Chen, Yuan-San Ho, Jen-Jye Peng and Tzy-Chau Lin

Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

Abstract

This paper describes four species of the boletes belonging to the family Boletaceae as new records to Taiwan. They are *Boletus umbriniporus* Hongo, *Phylloporus orientalis* Corner, *Suillus placidus* (Bon.) Singer and *Tylopilus alboater* (Schw.) Murrill.

Key words: *Boletus umbriniporus*, *Phylloporus orientalis*, *Suillus placidus*, *Tylopilus alboater*, Taiwan

Received: April 9, 2002

Accepted: June 5, 2002

Introduction

Since 1933 bolete surveys have been conducted in the northern and central portions of Taiwan, and 91 species have been documented. Of them 36 species with four novel species were reported by Chen *et al.* (1997a, b, 1998a, b). Their occurrence in Taiwan has been found to associate with the presence of their host plants, and also with altitude and other geographical factors. According to the nominal species that have been reported, the bolete flora of Taiwan is fairly similar to that of Southwest China and Northeast Asia. For an example, the genus *Sinoboletus* occurs in Taiwan (Zang and Chen 1998) and also in Yunnan and Sichuan of China (Zang 1992). This paper describes four species of boletes as the new records to Taiwan.

Specimens of fresh fruit bodies of boletes were collected and brought back to the laboratory. According to the conventional mycological methods described by Largent *et al.* (1977), the specimens were sectioned by hands, soaked in drops of the 10% NH₄OH solution,

mounted in drops of 1% aqueous phloxine solution, and then examined under a microscope with a magnification of 1,000-fold. Melzer's reagent was used in detecting amyloidity and dextrinoidity, and the ammoniac 1% Congo Red solution staining method was used for further examination (Bas 1969). After examination they were dried in warm air and deposited in the Taiwan Endemic Species Research Institute.

Taxonomy

Boletus umbriniporus Hongo, Journ. Jap. Bot. 44 (8): 235-237, 1969. (Fig. 1, 5a)

Pileus 4-9 cm broad, semiglobose at first, expanding to plano-convex, surface dry and minutely tomentous, color dull blue at first to umbrinous or olive-gray in age, context yellow, cyanescent when cut or bruised. Tubes nearly free from stipe, 0.5-0.8 cm deep, color umbrinous at center and pale to olive-yellow at margin, cyanescent where injured, pores minutely circular, about 2-3 per mm. Stipe 4-8 cm long, 0.6-1.0 cm broad, subequal and

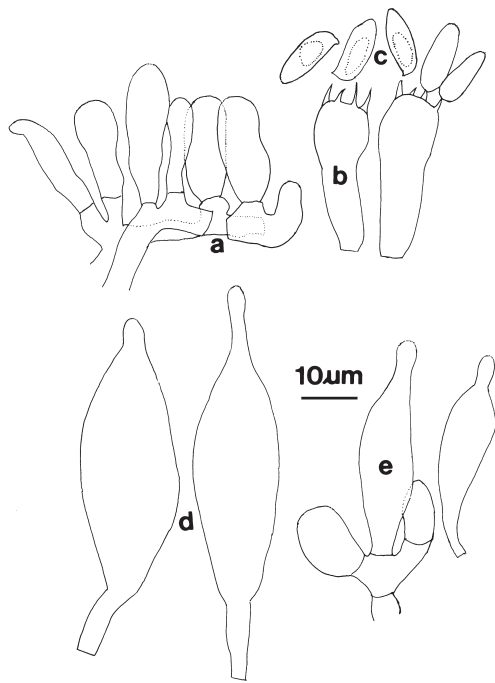


Fig. 1. *Boletus umbriniporus* (a, hymenium; b, basidium; c, basidiospores; d, pleurocystidia; e, cheilocystidium).

generally thicker at base, surface lemon-chrome, floccose with dull blue dots composed of grayish hyphae, base with several thick and brownish mycelium, context solid, color yellow, staining slightly dull blue when cut and rubellous at base. Spores $9.5\text{--}12 \times 4\text{--}5.5 \mu\text{m}$, smooth, wall slightly thickened, subcylindrical to subfusiformic, dingy melleous in KOH, weakly ochraceous in Melzer's reagent. Basidia clavate, $28\text{--}33 \times 10.5\text{--}11.5 \mu\text{m}$, 4-spored, sterigmata $6\text{--}8 \mu\text{m}$ long, basal septa without clamp, hyaline in KOH, slightly yellowish in Melzer's reagent. Pleurocystidia abundant, conspicuous, $48\text{--}67 \times 16\text{--}20 \mu\text{m}$, ventricose-rostrate, apex subacute to rounded, thin-walled, yellowish to hyaline in KOH, filled with distinctive yellow content in Melzer's reagent. Cheilocystidia similar to pleurocystidia but smaller, the neck often flexuous, content dull

yellow in material revived in KOH. Tube trama of more or less parallel hyphae diverging to subhymenium, hyaline to yellow in KOH, inamyloid. Pileus cuticle a strong trichodermium, the elements $8\text{--}13(16) \mu\text{m}$ wide and arranged in a distinct palisade, the cells long and often flexuous but essentially tubular, end-cells elongate and apex mostly obtuse to rounded, tubular to weakly cystidioid, content brownish in KOH.

Specimens examined: Kaohsiung County, Terngjiy, alt. 1,800m, C.M. Chen 2370 (6.VII. 2000.).

Habitat: Scattered under broad-leaved forest.

Distribution: Taiwan, Japan, China (Guizhou).

Remarks: *B. umbriniporus* belongs to the section Nigaris, which is distinguishable from the section Rubropori by having a character of combining blackish pores and stipe without squamulose (Zang 1999). It is also characterized by its yellow flesh, which changes to pallid blue and rubellous base of stipe when exposed to air. *B. umbriniporus* is closely related to *Boletus nigrican* Zang of the section Nigris, but the two species are distinguishable in the field. *B. umbriniporus* has a dark brown pileus, non-reticulate stipe, and cyanescent tube when bruised, whereas *B. nigrican* has intense black pileus, reticulate stipe, and reddening tube. Also, *B. umbriniporus* has pleurocystidia of $48\text{--}67 \times 16\text{--}20 \mu\text{m}$ in size, which is larger than $34\text{--}48 \times 8\text{--}12 \mu\text{m}$ for *B. nigrican*, but the former has spores of $4\text{--}4.5 \mu\text{m}$ in breadth, which is smaller than $5\text{--}5.6 \mu\text{m}$ of *B. nigrican*.

Phylloporus orientalis Corner, Nova Hedwigia 20: 809-810, 1970. (Fig. 2, 5b)

Pileus 2-17 cm wide, plano-convex to plane, sometimes cyathiform, surface dry, opaque, villous then subtomentose, fuliginous umber when young, fuscous rosaceous or vinaceous in age, context 5-11 mm thick in the

centre of the pileus, soft, spongy, pale yellow, reddish brown below the surface of the pileus, turning blue on exposure especially above the gills (not reddening or blackening). Stipe 4-6.5 cm x 3-7 mm, cylindric, stout, the base attenuate and attached by yellowish white fibrils, surface brown, rufescent or reddish, paler downwards, wholly finely brown or reddish scurfy pruinose, the apex often yellow and ribbed by the gills, context solid, color brightly yellow, staining reddish at base on exposure. Gills lurid golden yellow with rubellous edges, deeply decurrent, 4-13 mm wide, 3-4 ranks, cyanescent on bruising. Spores 11-16.5 x 5-6 μm , brown in KOH, mostly brown and some ochraceous in Melzer's reagent, ellipsoid, smooth. Basidia 43-55 x 9-12 μm , clavate, the base 4-6 μm wide without clamp; sterigmata

7-8 μm long. Pleurocystidia 90-130 x 16-26 μm , ventricose with obtuse apex, very abundant on gill-edge and surface. Caulocystidia 51-103 x 10-17.5 μm , clavate to subventricose. Tube trama of subparallel type, hyphae 5-10 μm wide and mucilaginous hyphae divergent from a central strand; subhymenium 40-50 μm thick with short cells 8-12 x 4-6 μm . Cuticle of pileus a pile of erect, 2-3 septate hyphae 7-13(22) μm wide, the end-cells 32-120 μm long, cylindric to subclavate or subventricose, apex obtuse, with dense brownish opalescent content.

Specimens examined: Nantou County, Hui-Sun Forest Experimental Station, alt. 1,850m, *C.M. Chen* 2479 (10. VIII. 2000.).

Habitat: Solitary under broad-leaved or *Pinus taiwanensis* Hay. forest.

Distribution: Taiwan, Japan, North Borneo, Singapore, China (Sichuan, Tibet, Yunnan).

Remark: This species is evidently a *Phylloporus* but not conspecific with *P. rhodoxanthus* (Schw.) Bres. and *P. bellus* (Mass.) Corner which were collected by Yeh and Chen (1980) and Chen *et al.* (1994). The flesh of *P. orientalis* is reddish or reddish brown below the surface of pileus and in stem, its gills are strongly cyanescent on bruising, its stem surface is reddish furfuraceous, and its spores are slightly longer as compared to the other two species. The flesh of *P. bellus* is pale yellow or, if reddish in the stem, its gills unchanging or slightly cyanescent on bruising, its stem surface is pallid yellow, and its spores are slightly smaller as compared to the other two species. The flesh of *P. rhodoxanthus* is pale yellow, the areas under the cuticle of pileus and occasionally at the base of stipe are vinous-red flushed, the gill are unchanging or occasionally reddish on bruising, and the stipe surface yellowish with a red coating.

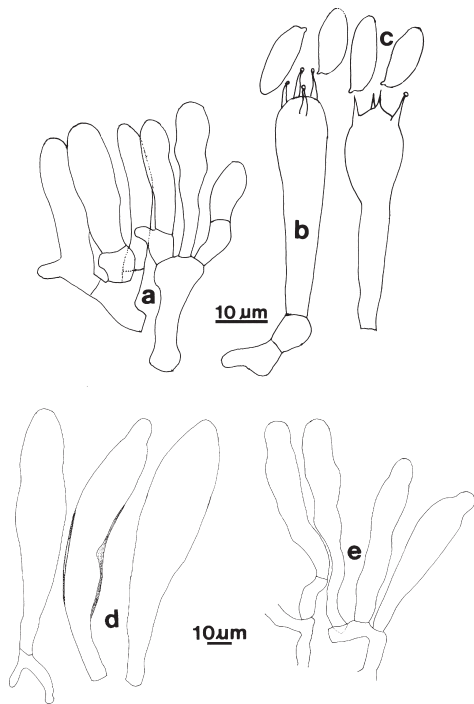


Fig. 2. *Phylloporus orientalis* (a, hymenium; b, basidium; c, basidiospores; d, pleurocystidia; e, caulocystidia).

Suillus placidus (Bonorden) Singer, Farlowia 2: 42-43, 1945. (Fig. 3, 5c, 5d)

Boletus placidus Bonorden, Mohl's Bot. Zeitung. 19: 204. 1861.

Ixocomus placidus (Bonorden) Gilbert, Boletes p. 132. 1931.

Pileus 5-12 cm broad, convex, expanding to almost plane; surface viscid, polished when dry; margin entire, inrolled when young; color white when young, golden brown in age with bister brown on the base of a slant; context very soft, pallid yellow, unchanging when injured or bruised; taste and odor not distinctive. Tubes 7-14 mm deep, at first adnate to depressed around the stipe but soon decurrent, yellowish pallid when young, becoming yellow, unchanging when injured; pores pale yellow becoming yellow, 1-2 per mm, glandular dots, often with pinkish droplets of exudate when young. Stipe 6-14 cm long, 9-18 mm thick, attenuated upwards, solid, becoming hollow and soft, surface white with vinaceous to pinkish glandular dots and smears, but ground color yellow in age and the glandular areas discoloring to gray on drying; no veil present at any stage. Spore print dull cinnamon. Spores 16-19 x 5.5-6.5 μm , inequilateral in profile, oblong in face view, smooth, hyaline to melleous in KOH, mostly pale yellow to nearly hyaline in Melzer's reagent. Basidia 43-50 x 14.5-19 μm , subcylindric to subclavate, thin-walled, 4-spored, sterigmata 4-5 μm long, hyaline in KOH, slightly yellowish in Melzer's. Pleurocystidia 45-70 x 5-9 μm , subcylindric to narrowly clavate, scattered, typically in fascicles, hyaline in KOH, often with bister content and dark brown amorphous pigment masses incrusting the bundle at the level of the hymenium, pale yellow in Melzer's reagent. Caulocystidia 20-40 x 6-18 μm , mostly sphaeropedunculate or capitate, often with long narrow pedicels, thin-walled, hyaline in KOH. Pileal cuticle a viscid or gelatinous pellicle, composed of hyaline to pallid brown hyphae (with gelatinizing walls), hyphae

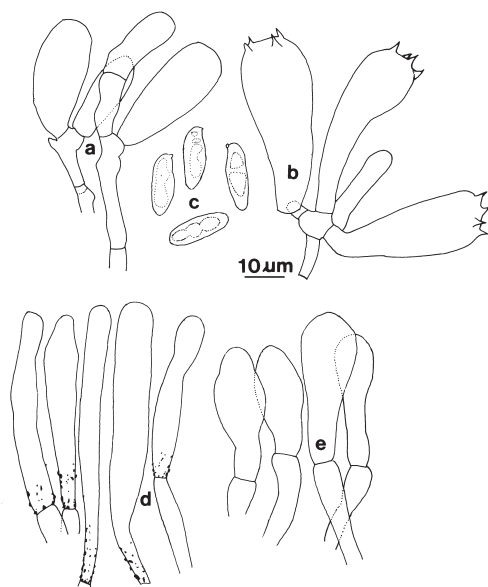


Fig. 3. *Suillus placidus* (a, hymenium; b, basidium; c, basidiospores; d, pleurocystidia; e, caulocystidium).

8-19 μm wide, often a more compact layer of gelatinizing hyphae immediately under the gelatinous epicutis, no clamps observed.

Specimens examined: Nantou County, Hui-Sun Forest Experimental Station, alt. 1,850m, *C.M. Chen* 3032 (15. VIII. 2001.).

Habitat: Solitary under *Pinus morrisonicola* Hay. forest.

Distribution: Taiwan, Japan, North America, China (Sichuan, Tibet, Guizhou, Yunnan).

Remark: Gilbert (1931) reviewed the boletes, and grouped the two closely related species, *I. placidus* (Bonorden) Gilbert and *I. leptopus* (Pers.) Gilbert (= *Suillus granulatus* (L. : Fr. Kuntze ssp. *leptopus* (Pers.) Sing.), under the genus *Ixocomus* (= *Suillus*). *I. placidus* has a white-lemon pileus and an elongated stipe, and occurs under the pine tree *Pinus strobus* and *P. cembra*, whereas *I. leptopus* has a short stipe and its habitat is associated with Mediterranean

pinus. Also, spores of *I. placidus* are longer than 8 μm , whereas those of *I. leptopus* are less than 8 μm . Singer (1945a) recognized *I. placidus* as a distinctive species and placed it under the genus *Suillus*. Later Singer (1945b) considered *I. placidus* an exannulate form of *S. acidus* (Perk) Sing. *S. placidus* is fairly similar to *S. acidus* in many aspects, particularly the characters of the pileus. However, these two species are distinguishable in the field. *S. placidus* has a long, exannulate and “<” shape stipe, which is longer than the diameter of pileus, and has slime on pileus that becomes gray to black with age. *S. acidus* has a long, annulate but straight stipe, and slime on pileus is yellow in color.

Tylopilus alboater (Schw.) Murrill, Mycologia 1: 16. 1909. (Fig. 4, 5e)

Boletus alboater Schweinitz, Schr. Naturf. Ges. Leipzig 1: 95. 1822.

Pileus 3.5-6 cm broad, convex becoming nearly flat or irregular in age; color dark smoky drab to brownish gray, often with a flesh colored tint, surface dry, distinctly velutinous then glabrous, with at first incurved then narrowly projecting sterile margin. Context white to creamy gray, changing to pinkish or purplish brown when bruised, eventually becoming blackish. Stipe 4-9 cm long, 6-13 mm thick, clavate becoming equal, concolorous with the pileus but paler at the apex when young, pruinose to velvety, lackening when rubbed, usually heavy and often irregular, or slightly tapering upwards, rarely tapering downwards, solid, context pale grayish and changing to reddish and then black when bruised, basal mycelium sordid white. Tubes 4-8 mm long, white to pale gray, later flesh colored, when injured changing slowly to black or reached blackish through pink or purplish brown, adnate to depressed with decurrent lines; pores somewhat variable in shape and folded together,

later mostly rounded-angular, about 2 per mm, concolorous with the tubes and changing as tubes when bruised. Spore print vinaceous to brownish-flesh color; spores 11-15.5 x 3.5-4 μm , obclavate or oblong to fusoid, pale brownish melleous in KOH, pale dingy yellow-brown to dull rusty brown in Melzer's reagent, smooth, wall scarcely thickened, narrowly ovate in face view, somewhat inequilateral in profile. Basidia 23-34 x 9-12 μm , 4-spored, sterigmata 4-5 μm long, clavate, yellowish to pale brownish in KOH. Pleurocystidia 45-73 x 13-15 μm , fusoid-ventricose, thin-walled, smooth, content pale bister in KOH, darker bister in Melzer's reagent. Cheilocystidia little differentiated but smaller. Many hyphae in the tube trama of the *Boletus*

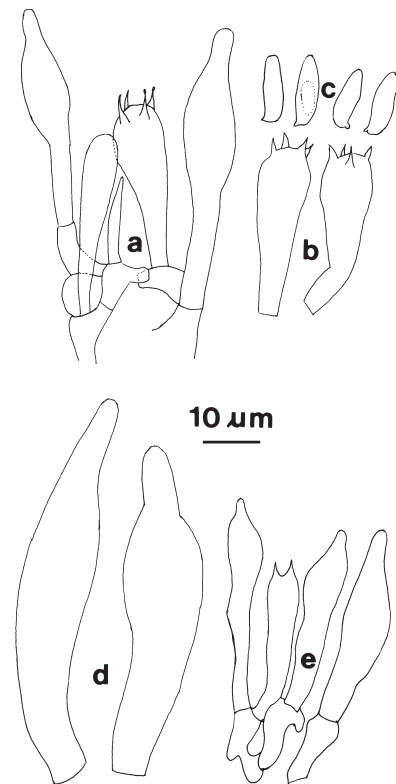


Fig. 4. *Tylopilus alboater* (a, hymenium; b, basidium; c, basidiospores; d, pleurocystidia; e, cheilocystidium).

type with dark granules in KOH or in Melzer's reagent but inamyloid. Epicutis of the pileus made up of a palisade of hair-like hyphae which are dark fuscous, slightly attenuated upwards, but obtuse at the tip, rarely subacute, brittle, wall 0.5-0.9 μm thick, densely arranged, 4-7.5(12) μm broad. Similar hairs also found on the covering layer of the stipe. The palisadic structure eventually disorganized and approached a trichodermium.

Specimens examined: Nantou County, Hui-Sun Forest Experimental Station, alt. 1,850m, *C.M. Chen* 2428 (1. VIII. 2000.); Taichung County, Chingjing alt. 1,900m, *C.M. Chen* 2845 (7. VI. 2001.).

Habitat: Scattered in the mixed forest.

Distribution: Taiwan, Japan, North America, China (Sichuan, Yunnan, Guangdong, Guangxi, Fujian, Anhwei).

Remark: Singer (1947) established the species *Tylopilus nigricans* Singer, including different forms with differences in shapes of cystidia and sizes of spores and carpophores. Corner (1972) still treated these forms as the species *Tylopilus alboator*. In spite of its color and dark flesh, this species is not readily distinguishable in the field, and apparently has different forms of varieties required for further study (Smith and Thiers 1971). For an example, the short tubes and externally compact and hard stipes, *T. alboator* was once placed under the genus *Gyroporus*, which is characterized by elliptical spores and white or citrine when it is in mass. Also, paler specimens of *T. alboator* are often confused with *T. ferrugineus*, but the former has a bister content of cystidia in KOH, whereas the content of the latter is yellow.

Acknowledgement

We are grateful to professor Zang M. of Kunming Institute of Botany, Academia Sinica

who made helpful comments. We also thank Dr. Chu-Fa Tsai for reviewing this paper and the Council of Agriculture, ROC for the financial supports under the project 91AS-2.2.1-EI-W2 .

Literature Cited

- Bas, C. 1969. Morphology and subdivision of *Amanita* and a monograph of its section *Lepidella*. *Persoonia* 5: 285-579.
- Chen, C. M., H. W. Huang, and J. J. Peng. 1994. The illustrations of wild mushrooms in Taiwan Vol.(I). Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Taiwan.
- Chen, C. M., H. W. Huang, and K. W. Yeh. 1997a. The boletes of Taiwan (VII). *Taiwania* 42: 174-179.
- Chen, C. M., J. J. Peng, and K. W. Yeh. 1997b. The boletes of Taiwan (VIII). *Taiwania* 42: 316-323.
- Chen, C. M., J. J. Peng, and K. W. Yeh. 1998a. The boletes of Taiwan (IX) . *Taiwania* 43: 132-139.
- Chen, C. M., and J. J. Peng. 1998b. Four *Tylopilus* new to Taiwan. *Fungal Science* 13: 11-16.
- Corner, E. J. H. 1972. *Boletus* in Malaysia. Government Printing Office, Singapore.
- Gilbert, E. J. 1931. *Les Bolets*. Librairie E. Le Francois, Paris.
- Largent, D. L., D. Johnson, and R. Watling. 1977. How to identify mushrooms to genus III: Microscopic features, second edition. Mad River Press Inc., Eureka, Ca., USA.
- Singer, R. 1945a. Notes on Farlow's Agaricales from Chocorua. *Farlowia* 2: 42-43.
- Singer, R. 1945b. The Boletineae of Florida with notes on extralimital species II. The Boletaceae. *Farlowia* 2(2): 271.
- Singer, R. 1947. The Boletoidae of Florida. *The American Midland Naturalist* 37: 106.



Fig. 5. Basidiomes (a, *Boletus umbriniporus*; b, *Phylloporus orientalis*; c and d, *Suillus placidus*; e, *Tylopilus alboater*).

Smith, A. H., and H. D. Thiers. 1971. The boletes of Michigan. University of Michigan Press, Ann Arbor.

Yeh, K. W., and Z. C. Chen. 1980. The boletes of Taiwan (I). *Taiwania* 25: 167-169.

Zang, M. 1992. *Sinoboletus*, a new genus of Boletaceae from China. *Mycotaxon* 45:

223-227.

Zang, M., and C. M. Chen. 1998. Four new taxa of Basidiomycota from Taiwan. *Fungal Science* 13(1, 2): 23-28.

Zang, M. 1999. An annotated check-list of the genus *Boletus* and its sections from China. *Fungal Science* 14(3, 4): 79-87.

四種牛肝菌新紀錄種

陳建名 何源三 彭仁傑 林子超

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

摘 要

本文描述並討論在台灣首次被發現的四種牛肝菌新紀錄種，分別是褐孔牛肝菌(*Boletus umbriniporus* Hongo)、東方褶孔牛肝菌(*Phylloporus orientalis* Corner)、琥珀乳牛肝菌(*Suillus placidus* (Bonorden) Singer)及黑蓋粉孢牛肝菌(*Tylopilus alboater* (Schw.) Murrill)。

關鍵詞：褐孔牛肝菌、東方褶孔牛肝菌、琥珀乳牛肝菌、黑蓋粉孢牛肝菌、台灣

收件日期：2002年4月9日

接受日期：2002年6月5日

Thunbergia fragrans Roxb. (Acanthaceae) : A Newly Naturalized Plant in Taiwan

Yen-Hsueh Tseng¹ and Chern-Hsiung Ou²

¹ Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

² Department of Forestry, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan.

Abstract

Thunbergia fragrans Roxb. is recently found naturalized in the central part of Taiwan. It is very similar to *T. alata* Bojer ex Sims and can be distinguished by its white corolla and petioles without wings. The growth environments, the periods of the flowering and fruiting, distribution, photographs, a detail line drawing, along with some taxonomic notes are given.

Key words: *Thunbergia fragrans*, taxonomy, distribution, Taiwan

Received: August 29, 2001

Accepted: January 14, 2002

This paper describes a new exotic plant *Thunbergia fragrans* Roxb. in Taiwan. *T. fragrans* is closely related to *T. alata* Bojer ex Sims of Taiwan (Ou 1983), but the two species are easily distinguishable. Recently, we found that *T. fragrans* occurred in the central part of Taiwan. The specimens examined were deposited in the Herbarium of Department of Forestry, National Chung-Hsing University (TCF) and the Herbarium of Division of Botany, Taiwan Endemic Species Research Institute (TESRI). The morphology, growth environments, the periods of the flowering and fruiting, distribution, photographs and a detail line drawing were provided.

Thunbergia fragrans Roxb., in Lodd. Bot. Cab. t. 323. 1819. 碗花草 Fig. 1.

Slender perennial twiner. Stems square, somewhat hairy in young. Leaves opposite, lanceolate-ovate to triangular ovate, about 8.5 cm long, 4.5 cm wide, acute at apex, cuneate or obtuse to subcordate at base; margins exsculptate-dentate, green, 5-7 nerved; petioles about 4 cm, without wings. Peduncles axillary, one-flowered; bracts 2; calyx small, 10-toothed; corolla white, with a long velutinous tube, 5-lobed; stamens didynamous, inserted on the tube of the corolla; filaments slender, 2 mm or 5 mm long; anthers basifixed, 3 mm long; style filiform, 15 mm long; stigmas broad and concave. Fruit a capsule, hairy, subglobose, bearing a long strong solid beak; seeds per cell 2, subglobose.

Distribution : Native to India, Vietnam (Roxb.)



Fig. 1. *Thunbergia fragrans* Roxb. (Acanthaceae) (1. flowering branch; 2. leaf; 3. bracts; 4. immature fruit; 5. flower; 6. pistil; 7. stamen; 8. calyx; 9. convolute aestivation; 10. mature fruit; 11. convolute aestivation without bract).

1819), and China (Yunnan, Kueichou, Szuchuan, Kuangtung) (Institute of Botany of Chinese Academy of Sciences 1994), now is introduced to Taiwan.

Habitat and ecology : It grows on grassland in the piedmont area at an elevation of about 250m. It blooms in June to October, and produces fruits in August to December.

NANTOU : Chichi, Tseng s.n. Feb. 28, 1999 : Tseng 2365, Jun. 4, 2000 : Tseng 2591, Aug. 18, 2000 : Tseng 2675, Aug. 4, 2001(TCF, TESRI).

Key to *Thunbergia* in Taiwan

- 1. Flowers white, petioles without wings
..... *T. fragrans*
- 1. Flowers yellow, petioles winged
..... *T. alata*

Literature Cited

Institute of Botany of Chinese Academy of Sciences. 1994. Iconographia Cormophytorum Sinicorum Tomus IV : 153. t. 5719. Science Press. Beijing.

Ou, C. H. 1983. Contributions to the dicotyledonous plants of Taiwan (VIII). Bulletin Experimental Forest National Chung-Hsing University N0. 5: 55-64.

Roxb., A. 1819. Lodd. Bot. Cab. t. 323.



Fig. 2. Whole plants of *Thunbergia fragrans*.



Fig. 3. Flowers of *Thunbergia fragrans*.



Fig. 4. Fruits of *Thunbergia fragrans*.

台灣產雀麥屬（禾本科）植物之數量分類學研究

陳志輝¹ 郭長生²

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

²國立成功大學生物學系 台南市大學路1號

摘要

本研究應用DELTA資料庫系統，以表徵分類之數量分類學方法檢驗台灣產雀麥屬(*Bromus* L.)植物之分類。根據歸群分析的結果，我們可以確認大扁雀麥(*Bromus catharticus* Vahl)、台灣雀麥(*Bromus formosanus* Honda)、玉山雀麥(*Bromus morrisonensis* Honda)及較晚發現之歸化種硬雀麥(*Bromus rigidus* Roth)。卑南雀麥(*Bromus remotiflorus* (Steud.) Ohwi var. *piananensis* Ohwi)則併入玉山雀麥。

關鍵詞：DELTA、數量分類學、歸群分析、雀麥屬、禾本科

收件日期：2001年10月8日

接受日期：2002年6月20日

緒言

第一版的台灣植物誌中，雀麥屬列入大扁雀麥(*Bromus catharticus* Vahl)、台灣雀麥(*B. formosanus* Honda)、玉山雀麥(*B. morrisonensis* Honda)及卑南雀麥(*B. remotiflorus* (Steud.) Ohwi var. *piananensis* Ohwi)，其中大扁雀麥為歸化種，台灣雀麥及卑南雀麥為特有種及特有變種(許 1975; Hsu 1978)，玉山雀麥原先被認為是特有種(許 1975; Hsu 1978)，後來於馬來西亞及菲律賓也有發現(Veldkamp 1991)。此外，另有較晚發現之歸化種硬雀麥(*B. rigidus* Roth)(Kuo 1979)。Ohwi (1941)發表卑南雀麥時，曾註明卑南雀麥與其原種*B. remotiflorus* (Steud.) Ohwi之差異在於稈上無毛，與玉山雀麥相似，但後者在外稃側脈基部有倒伏毛，而可區分為不同種，但未提及卑南雀麥之外稃上脈之數目。Hsu(1978)僅以外稃之側脈有無倒

伏毛來區別玉山雀麥及卑南雀麥，且描述二者之外稃皆具三條脈。荷蘭禾草分類專家Dr. J. F. Veldkamp未見到卑南雀麥的標本，但他根據Hsu(1978)之描述，對卑南雀麥被處理為*B. remotiflorus*之變種，感到懷疑，因為典型之*B. remotiflorus*之外稃具七條脈(Koyama 1987; Veldkamp 1991; 長田 1993)，因此他認為卑南雀麥僅是玉山雀麥的一個變異型，於是將卑南雀麥處理為玉山雀麥之同物異名(Veldkamp 1991)。筆者檢視國內各大標本館之標本，可以確認大扁雀麥、台灣雀麥、玉山雀麥及硬雀麥，但無法清楚識別出卑南雀麥，僅發現少數應可歸於玉山雀麥的標本，其外稃具七條脈，且其外稃之側脈上也具倒伏毛。究竟這些外稃上具七條脈之標本，是否即是卑南雀麥，因未見到模式而無法確定，因此筆者於第二版的台灣植物誌中，暫將卑南雀麥處理為未確定種(Kuoh and Chen 2000)。

傳統的模式法分類學最爲人所詬病之處在於缺乏客觀性及穩定性，進入二十世紀以後，分類學者開始思考，如何將特徵量化，並應用數學及統計的運算，爲分類學提供一個較客觀的分析方法。1950年代以後，電子計算機的發展，使得這種構想得以實現，分類學開始從定性的、描述性的水平向定量的、精確的高水平前進，數量分類學(numerical taxonomy)於焉興起(徐 1996)。其中DELTA(Descriptive Language for Taxonomy)系統是澳洲聯邦科學及工業研究部(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation of Australia, CSIRO)昆蟲學組(Division of Entomology)的Michael J. Dallwitz開發建立的。這是一個功能強大的資料庫系統，已得到聯合國國際生物科學聯盟(International Union of Biological Sciences)之分類學資料庫工作群(Taxonomic Database Working Group)正式確定爲分類學資料的交流標準之一。除了基本的特徵資料的記錄、自動化產生檢索表及分類群描述外，DELTA可根據所建立的特徵基本資料，進行數量分類學的分析，包括表徵分類及支序分類(Askevold and O'Brien 1994; Dallwitz *et al.* 1999; Partridge *et al.* 1999; 陳及郭 2000)。

本研究之目的爲，筆者假定前述之少數應可歸於玉山雀麥，其外稃具七條脈，且其外稃之側脈上也具倒伏毛之標本即是卑南雀麥。應用DELTA系統，以台灣大學植物系標本館(TAI Herbarium)內台灣雀麥屬植物部分標本的特徵資料，進行表徵分類之數量分類學分析，視其結果是否支持這個假說。

材料與方法

筆者根據先前之研究結果(Chen and Kuo 2000)，選取台灣大學植物系標本館內18份台灣雀麥屬植物之標本，做爲分類操作單元

(operation taxonomic unit, 簡寫做OTU)，各OTU編號及其標本採集編號資料如表1。根據前人研究(許 1975; Hsu 1978; Watson and Dallwitz 1994; Chen and Kuo 2000; Kuoh and Chen 2000)及筆者之觀察，選出可以用來區分及描述雀麥屬植物之特徵及各特徵之狀態(詳見附錄1)，應用DELTA系統建立各OTU之特徵資料庫，詳細之操作請參閱Askevold and O'Brien (1994)、Dallwitz *et al.* (1999)、Partridge *et al.* (1999)、陳及郭 (2000)及Chen and Kuoh(2000)。

以建立之特徵資料庫爲基礎，DELTA程式可根據Gower(1971)的相似性係數(similarity coefficient)來計算各分類群兩兩之間的距離(距離 = 1 - 相似性係數)。然後執行NTSYS-pc2.02j軟體(Rohlf 1998)，應用非加權配對算數平均法(unweighted pair-group method using arithmetic average, UPGMA)進行歸群分析，建立各OTU之歸群圖。

結果與討論

本研究18個OTU各個特徵之狀態(states)列於表2，OTU兩兩之間的距離係數之矩陣列於表3，歸群結果之歸群圖列於圖1。由圖1看來，當距離約爲0.23時，全部18個OTU可分成4群，其中編號1至5歸爲第一群、編號6至9歸爲第二群、編號10至17歸爲第三群，以及編號18自成第四群。第一群即大扁雀麥，第二群爲台灣雀麥，第四群爲硬雀麥，此三群毫無疑問。然而編號15, 16, 17三個可能是卑南雀麥之OTU，不集合成群而分散於第三群中，顯示那些疑似卑南雀麥之標本並不獨立成群，而是與典型之玉山雀麥無法截然劃分。這樣的結果並不支持筆者先前所提出，該三個OTU即是卑南雀麥之假說，因此筆者認爲，卑南雀麥此一分類群並不成立，而可併入玉山雀麥，成爲玉山雀麥之一同物異

表1. 本研究所用之分類操作單位(OTU)之編號、種類及引證標本

Table 1. Codes, identification and vouchers of the 18 OTUs used in this study for *Bromus* of Taiwan

OTU編號	種類	引證標本
1	大扁雀麥 <i>B. catharticus</i>	Kuoh C. S. 80088
2	大扁雀麥 <i>B. catharticus</i>	Tsai M. C. 17
3	大扁雀麥 <i>B. catharticus</i>	Wang J. C. 2618
4	大扁雀麥 <i>B. catharticus</i>	Hsu and Kuoh 7102
5	大扁雀麥 <i>B. catharticus</i>	Wang <i>et al.</i> 3918
6	台灣雀麥 <i>B. formosanus</i>	Fukuyama 4080
7	台灣雀麥 <i>B. formosanus</i>	Hsu C. C. 12194
8	台灣雀麥 <i>B. formosanus</i>	Shimada 2611
9	台灣雀麥 <i>B. formosanus</i>	Hsu C. C. 5966
10	典型之玉山雀麥 <i>B. morrisonensis</i>	Huang and Hsieh 8505
11	典型之玉山雀麥 <i>B. morrisonensis</i>	Tsai M. C. 11
12	典型之玉山雀麥 <i>B. morrisonensis</i>	Fukuyama <i>s.n.</i> Jul. 12. 1935
13	典型之玉山雀麥 <i>B. morrisonensis</i>	Hsu C. C. 6331
14	典型之玉山雀麥 <i>B. morrisonensis</i>	Kuoh 1283
15	應為玉山雀麥，但其外稃具7條脈，疑似卑南雀麥 <i>B. remotiflorus</i> var. <i>piananensis</i>	Hsu C. C. 12130A
16	應為玉山雀麥，但其外稃具7條脈，疑似卑南雀麥 <i>B. remotiflorus</i> var. <i>piananensis</i>	Hsu C. C. 6350
17	應為玉山雀麥，但其外稃具7條脈，疑似卑南雀麥 <i>B. remotiflorus</i> var. <i>piananensis</i>	Sasaki <i>s.n.</i> Jul. 15 1932
18	硬雀麥 <i>B. rigidus</i>	Kuo C. M. 9611

名。這個結論與Veldkamp(1991)的結論一致。今將玉山雀麥之同物異名及特徵描述重新整理如下：

Bromus morrisonensis Honda, Bot. Mag. Tokyo **42**: 137. 1928; Honda, Monogr. Poac. Jap. 39. 1930; Hsu, Taiwania **16**: 237. 1971; Hsu, Taiwan Grass 299. *pl.* 44. 1975; Hsu, Fl. Taiwan **5**: 430. *pl.* 1388. 1978; Koyama, Grass. Jap. Neighb.

Reg. 35. 1987; Veldkamp, Blumea **35**: 492. 1991; Kuoh and Chen, Fl. Taiwan, 2nd ed. **5**: 371. 2000.

Bromus remotiflorus (Steud.) Ohwi var. *piananensis* Ohwi, Acta Phytotax. Geobot. **10**: 106. 1941; Hsu, Taiwania **16**: 237. 1971; Taiwan Grass. 301. *pl.* 45. 1975; Fl. Taiwan **5**: 431. 1978.

表2. 本研究所用之18個OTU 各特徵之狀態 (各OTU及各特徵以編號表示, 其詳細內容請參閱表1及附錄)

Table 2. The states of 48 characters of the 18 OTUs used in this study for *Bromus* of Taiwan (referring to Table 1. and Appendix I. for the codes of the OTUs and characters)

OTUs	Characters																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	55	2.5	21	5	1	2	2	1	2	3	1	15	4	1	27	5	1	1	2	4	1	2	12	7
2	42	2.5	22	7	3	2	1	1	1	3	1	16	4	1	27	5	1	1	2	4	1	2	12	7
3	87	3	32	5	2	2	3	1	2	3	1	31	5	1	28	6	1	1	2	4	1	2	13	7
4	62	5	30	9	3	2	2	1	2	3	1	24	7	1	28	6	1	1	2	4	1	2	14	7
5	34	2	25	5.5	2	2	2	1	2	3	1	13	9	1	24	5	1	1	2	4	1	2	13	7
6	30	1.5	18	3.5	3	2	3	2	1	0.5	1	10	8	2	24	6	2	2	1	2	1	1	9	3
7	31	1.5	24	4	3	2	3	1	2	0.5	1	11	7	2	20	6	2	1	1	2	2	1	11	3
8	40	1.5	15	3	3	2	3	1	1	0.5	1	10	7	2	23	6	2	2	1	1	1	1	11	3
9	36	1	18	3.5	3	2	3	2	2	0.5	1	8	8	2	23	6	2	1	1	2	1	1	10	3
10	90	1.5	23	3	3	1	3	1	2	2	1	15	5	3	18	2.5	2	1	3	4	1	2	5	1
11	65	2	19	4	3	1	2	1	1	2	1	18	10	2	25	4	2	1	3	2	3	2	4	1
12	41	2	18	4	2	2	1	1	2	2	2	14	5	1	15	2	2	1	3	4	3	2	5	1
13	60	2	20	4	3	2	3	1	1	2	1	13	8	2	17	3	2	1	3	2	3	2	4	1
14	45	2	22	5	2	2	3	1	1	2	1	10	7	3	24	3	2	1	3	4	1	2	6	1
15	82	2	18	4	3	1	1	1	2	2	1	11	5	2	11	3	2	1	3	2	3	2	5	1
16	60	2	15	3	2	2	3	1	1	2	1	13	6	2	20	2	2	1	3	4	3	2	6	1
17	50	2	18	3	3	2	3	1	1	2	1	17	6	2	15	3	2	1	3	2	3	2	5	1
18	61	3.5	18	5.5	1	1	2	1	1	3	1	20	8	1	45	4	2	1	1	2	3	2	20	1

OTUs	Characters																							
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1	3	2	1	13	1	11	1	19	3	1	2	2	19	2	2		11	1	3	2	8	1	2	7
2	3	2	1	13	1	11	1	19	3	1	2	2	19	2	2		11	1	3	2	8	1	2	7
3	3	2	1	14	1	11	1	19	3	1	2	2	19	2	2		11	1	3	2	9	1	2	7
4	3	2	1	15	1	11	1	19	3	1	2	2	19	2	2		11	1	3	2	10	1	2	7
5	3	2	1	14	1	11	1	19	3	1	2	2	19	2	2		11	1	3	2	9	1	2	7
6	1	1	1	11	1	5	2	14	1	2	1	2	14	22	1	1	7	1	1	2	10	1	2	8
7	1	2	2	11	1	5	2	14	1	3	1	1	14	2	1	1	8	1	1	1	9	1	1	8
8	1	1	2	11	1	5	1	15	1	2	1	2	15	2	1	1	7	1	1	2	10	1	1	8
9	1	1	1	12	1	5	2	15	1	2	1	2	15	2	1	1	7	1	1	1	10	1	2	8
10	1	2	2	7	2	3	2	8	1	2	1	2	8	2	1	1	3	2		2	7	2	2	6
11	1	2	1	5	2	3	1	9	1	3	1	1	9	22	1	1	3	1	2	2	7	1	2	6
12	1	2	1	6	2	3	2	8	1	3	1	1	8	2	1	1	3	1	2	1	6	2	2	6
13	1	2	1	7	2	3	2	9	1	2	1	1	9	2	1	1	3	2		1	7	2	2	6
14	1	2	2	8	2	3	1	9	1	2	1	2	9	2	1	1	3	1	2	2	7	1	2	6
15	1	2	2	7	2	3	1	8	1	2	1	1	8	2	1	1	7	1	2	2	6	2	2	6
16	1	2	1	8	2	3	1	10	1	3	1	2	10	2	1	1	7	2		1	7	2	2	6
17	1	2	1	7	2	3	1	8	1	2	1	2	8	2	1	1	7	1	2	2	6	2	2	6
18	2	1	1	20	1	3	1	25	2	2	1	3	25	1	1	1	5	1	4	1	15	1	2	10

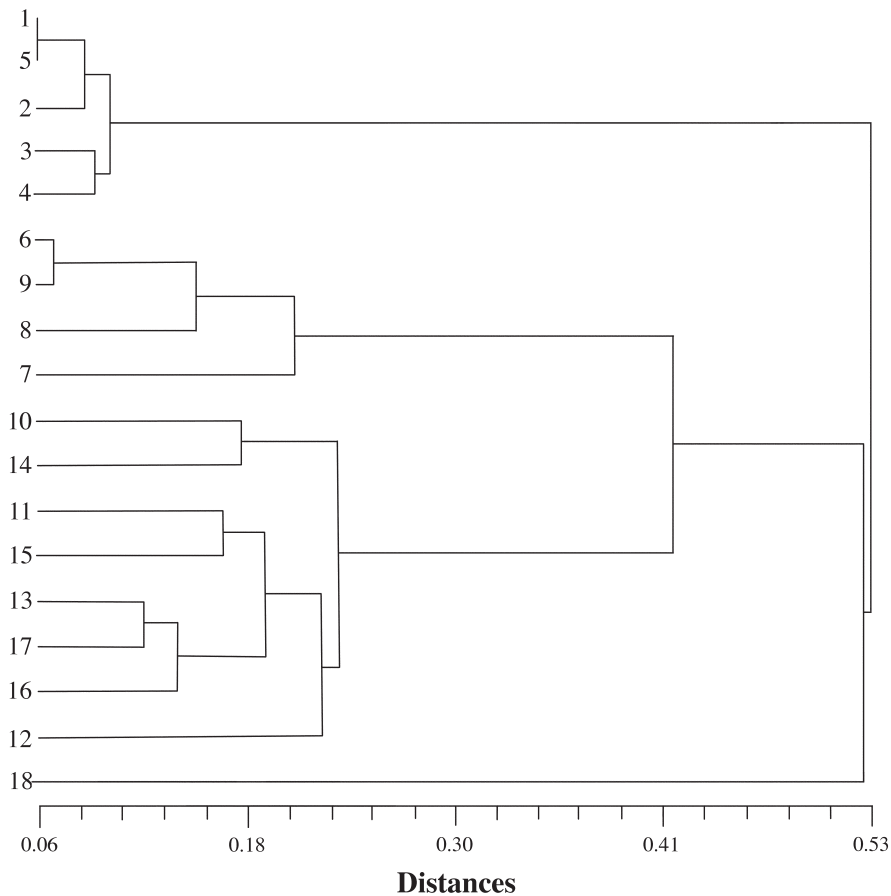


圖1. 台灣雀麥屬植物18個OTU經非加權配對算數平均法(unweighted pair-group method using arithmetic average, 簡寫做UPGMA)歸群後之歸群圖。

Fig. 1. The phenogram derived from the cluster analysis with 18 OTUs of the *Bromus* in Taiwan using UPGMA.

Perennials. Culms ascending, 28-100 cm tall, 2 mm wide. Leaf-blades chartaceous, linear, 12-28 cm long, 3-5 mm wide, sharp at apex, veins conspicuous, loosely puberulous to glabrous above, villous to glabrous beneath. Sheath villous to glabrous. Ligule membranous, rounded or acute at apex, 2 mm long. Inflorescence an open or contracted panicle, 9-18 cm long. Spikelets with 5-10 florets, elliptical or

lanceolate or linear lanceolate, 11-25 mm long, 2-4 mm wide, slightly laterally compressed. Pedicels minutely hispid. Lower glumes membranous on margins, glabrous to minutely hispid, lanceolate to linear-lanceolate, sharp at apex, 4-6 mm long, 1-nerved. Upper glumes chartaceous, broadly lanceolate, sharp or acute to obtuse at apex, 5-8 mm long, 3-nerved, minutely strigose to glabrous. Florets 8-9 mm long, with

表3. 本研究所用之18個OTU兩兩之間的距離

Table 3. A matrix of the distances derived from the similarity coefficients among 18 OTUs used in this study for *Bromus* of Taiwan

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0																	
2	0.0777	0																
3	0.0997	0.1305	0															
4	0.0976	0.1143	0.0974	0														
5	0.0647	0.1059	0.0946	0.0960	0													
6	0.5237	0.4858	0.5371	0.5374	0.5064	0												
7	0.5332	0.5353	0.5391	0.5441	0.5155	0.2321	0											
8	0.5176	0.4797	0.5310	0.5313	0.5116	0.1222	0.2152	0										
9	0.5002	0.5048	0.5136	0.5139	0.4843	0.0748	0.1774	0.1840	0									
10	0.5268	0.5384	0.5279	0.5657	0.5496	0.4444	0.4368	0.4438	0.4301	0								
11	0.5103	0.5011	0.5691	0.5336	0.5105	0.4141	0.4040	0.4460	0.4431	0.2937	0							
12	0.5373	0.5419	0.5661	0.5994	0.5244	0.5225	0.4197	0.5671	0.4669	0.2767	0.2594	0						
13	0.5830	0.5537	0.6088	0.6140	0.5854	0.3744	0.3566	0.4483	0.3601	0.2104	0.1768	0.2017	0					
14	0.4532	0.4362	0.4583	0.5058	0.4318	0.3806	0.4205	0.3431	0.4095	0.1780	0.2319	0.2656	0.2389	0				
15	0.5475	0.5401	0.5785	0.5905	0.5711	0.4604	0.3993	0.4425	0.4465	0.1880	0.1681	0.2274	0.1923	0.2424	0			
16	0.5065	0.4989	0.5106	0.5664	0.5016	0.4328	0.4164	0.4247	0.4185	0.2425	0.2332	0.1892	0.1477	0.1974	0.2543	0		
17	0.4999	0.4658	0.5250	0.5371	0.5166	0.3447	0.4120	0.3650	0.3724	0.2163	0.1595	0.2347	0.1236	0.1718	0.1301	0.1360	0	
18	0.5154	0.5451	0.5777	0.5424	0.5380	0.5078	0.5620	0.5296	0.4847	0.6154	0.4413	0.5720	0.4984	0.5318	0.5327	0.5284	0.5005	0

rachilla. Lemmas chartaceous, lanceolate to elliptical, margins inrolled, rounded at apex or acute at apex, 8-9 mm long, with a awn longer than half to nearly as long as lemma, 3- or 7-nerved, slightly hairy on the base of nerves or glabrous. Paleas membranous, linear oblong, round or truncate at apex or acute at apex, 6-7 mm long, 2-nerved, ciliate to minutely ciliate on nerves. Callus glabrous. Anthers 2.5 mm long. Caryopsis linear-oblong, 6 mm long, hilum linear.

Distributed in Malaysia, the Philippines and Taiwan. Common in the alpine regions.

引用文獻

- 徐克學。1996。數量分類學。水產出版社。
- 許建昌。1975。台灣的禾草。台灣省政府教育廳。
- 陳志輝、郭長生。2000。DELTA資料庫系統在分類學上之應用。中華林學季刊33(4): 573-583。
- 長田武正。1993。增補日本禾本科植物圖譜。平凡社。
- Askevold, I. S., and C. W. O'Brien. 1994. DELTA, an invaluable computer program for generation of taxonomic monographs. *Annals of the Entomological Society of America* 87: 1-16.
- Awise, J. C. 1994. *Molecular markers, natural history and evolution*. Chapman & Hall, New York.
- Chen, C. H., and C. S. Kuoh. 2000. The Genus *Bromus* L. (Poaceae) in Taiwan: A DELTA database for generating key and descriptions. *Taiwania* 45: 311-322.
- Dallwitz, M. J., T. A. Paine, and E. J. Zurcher. 1999. *User's guide to the DELTA system: A general system for processing taxonomic descriptions*. Ed. 4.10. CSIRO Division of

Entomology, Canberra. 164 pp.

- Gower, J. C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27: 857-871.
- Hsu, C. C. 1978. Gramineae. *In*: H. L. Li, T. S. Liu, T. C. Huang, T. Koyama, and C. E. DeVol (eds.). *Flora of Taiwan* 5: 429-433. Epoch Publishing Co., Taipei.
- Koyama, T. 1987. Grasses of Japan and its neighboring regions. Kodasha Ltd., Tokyo.
- Kuo, C. M. 1979. Three newly recorded naturalized plants of Taiwan - *Mollugo verticillata*, *Festuca elatior* and *Bromus rigidus*. *Taiwania* 24: 22-26.
- Kuoh, C. S., and C. H. Chen. 2000. Pooideae, Gramineae. *In*: D. E. Boufford, C. F. Hsieh, T. C. Huang, C. S. Kuoh, H. Ohashi, and H. J. Su (eds.). *Flora of Taiwan* (2nd version) 5: 336-402. Editorial Committee of the *Flora of Taiwan*, Second Edition, Taipei.
- Ohwi, J. 1941. Gramina Japonica 1. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica* 10: 94-135.
- Partridge, T. R., M. J. Dallwitz, and L. Watson. 1999. A primer for the DELTA system. Ed. 3.01. CSIRO Division of Entomology, Canberra.
- Rohlf, F. J. 1998. NTSYSpc: Numerical taxonomy and multivariate analysis system. State University of New York, Stony Brook, New York.
- Veldkamp, J. F. 1991. *Bromus* (Gramineae) in Malaysia. *Blumea* 35: 483-497.
- Watson, L., and M. J. Dallwitz. 1994. *The Grass genera of the world*. Second Edition. CAB International, Wallingford.

附錄I. 所使用之特徵及各特徵所含之狀態

- #1. culms <height>/
cm tall/
- #2. culms <diameter>/
mm wide/
- #3. leaf-blades <length>/
cm long/
- #4. leaf-blades <width>/
mm wide/
- #5. leaf-blades <indumentum above>/
1. puberulous above/
2. loosely puberulous above/
3. glabrous above/
- #6. leaf-blades <indumentum beneath> /
1. villous beneath/
2. glabrous beneath/
- #7. sheath <indumentum on surface>/
1. villous/
2. loosely villous/
3. glabrous/
- #8. <adaxial> ligule <texture>/
1. membranous/
2. chartaceous/
- #9. <adaxial> ligule <apex>/
1. rounded at apex/
2. acute at apex/
- #10. <adaxial> ligule <length>/
mm long/
- #11. inflorescence <type>/
1. an open panicle/
2. a contracted panicle/
- #12. inflorescence <length>/
cm long/
- #13. spikelets with <number of florets>/
florets/
- #14. spikelets <shape>/
1. elliptical/
2. lanceolate/
3. linear lanceolate/
- #15. spikelets <length, including the awn>/
mm long/
- #16. spikelets <width>/
mm wide/
- #17. spikelets <compressibility>/
1. strongly laterally compressed/
2. slightly laterally compressed/
- #18. pedicels <vestiture>/
1. minutely hispid/
2. glabrous/
- #19. lower glumes <texture>/
1. chartaceous/
2. subcoriaceous/
3. membranous on margins/
- #20. lower glumes <vestiture on back>/
1. strigose/
2. glabrous/
3. loosely strigose/
4. minutely hispid/
- #21. lower glumes <shape>/
1. lanceolate/
2. narrowly lanceolate/
3. linear-lanceolate/
- #22. lower glumes <apex>/
1. acute at apex/
2. sharp at apex/
- #23. lower glumes <length>/
mm long/
- #24. lower glumes <number of nerves>/
-nerved/
- #25. upper glumes <texture>/
1. chartaceous/
2. subcoriaceous/
3. coriaceous/

- #26. upper glumes <shape>/
 1. lanceolate/
 2. broadly lanceolate/
 #27. upper glumes <apex>/
 1. sharp at apex/
 2. acute to obtuse at apex/
 #28. upper glumes <length>/
 mm long/
 #29. upper glumes <length 2>/
 1. longer than 10 mm/
 2. shorter than 10 mm/
 #30. upper glumes <number of nerves>/
 -nerved/
 #31. upper glumes <vestiture on nerves>/
 1. minutely strigose/
 2. glabrous/
 #32. florets <length>/
 mm long/
 #33. lemmas <texture>/
 1. chartaceous/
 2. subcoriaceous/
 3. coriaceous/
 #34. lemmas <shape>/
 1. broadly lanceolate/
 2. lanceolate/
 3. elliptical/
 #35. lemmas <margins>/
 1. margins inrolled/
 2. margins not inrolled/
 #36. lemmas <apex>/
 1. rounded at apex/
 2. acute at apex/
 3. shortly bilobed at apex/
 #37. lemmas <length, including awn>/
 mm long/
 #38. lemmas <length>/
 1. longer than 20 mm/
 2. shorter than 20 mm/
 #39. lemmas <awn presence>/
 1. with awn/
 2. awnless/
 #40. lemmas <awn: ratio of length>/
 1. with a short awn less than the 1/2 length
 of lemma/
 2. with an awn longer than half to nearly as
 long as lemma/
 3. with an awn longer than lemma/
 #41. lemmas <number of nerves>/
 -nerved/
 #42. lemmas <presence of hairs>/
 1. hairy/
 2. glabrous/
 #43. lemmas <vestiture>/
 1. densely hirsute on marginal region of
 backside/
 2. only slightly hairy on the base of nerves/
 3. minutely hispid on nerves/
 4. densely pubescent on back surface/
 #44. paleas <apex>/
 1. round or truncate at apex/
 2. acute at apex/
 #45. paleas <length>/
 mm long/
 #46. paleas <vestiture on nerves>/
 1. ciliate on nerves/
 2. minutely ciliate on nerves/
 #47. caryopsis <shape>/
 1. oblong/
 2. linear-oblong/
 #48. caryopsis <length>/
 mm long/

A Numerical Taxonomic Study of the Genus *Bromus* L. (Poaceae) of Taiwan

Chih-Hui Chen¹ and Chang-Sheng Kuoh²

¹ Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

² Department of Biology, National Cheng-Kung University, Tainan, Taiwan

Abstract

We conducted a numerical taxonomic study on *Bromus* L. in Taiwan. According to the dendrogram derived from the cluster analysis with 48 characters, 18 OTUs were divided into four groups. They are identified as *Bromus catharticus* Vahl, *Bromus formosanus* Honda, *Bromus morrisonensis* Honda and *Bromus rigidus* Roth. Furthermore, we confirmed that *Bromus remotiflorus* (Steud.) Ohwi var. *piananensis* Ohwi is a synonym of *B. morrisonensis*.

Key words: DELTA, numerical taxonomy, cluster analysis, *Bromus*, Poaceae

Received: October 8, 2001

Accepted: June 20, 2002

大肚溪口與鰲鼓渡冬短耳鴉(*Asio flammeus*)食性初探

林文隆 葉金彰

國立中興大學昆蟲學系 台中市國光路250號

摘要

研究期間(1995-1996 ; 1999-2000)在大肚溪口南岸及鰲鼓農場共蒐集短耳鴉食繭129個，食繭平均大小為 $20,316.9 \pm 3,669.2 \text{ mm}^3$ ，重量為 $2.3 \pm 1.3\text{g}$ 。大肚溪口短耳鴉食繭(n=47)內容物包含5個類群的食餌，分別為小型哺乳類、鳥類、爬蟲類、昆蟲與蚯蚓。鰲鼓農場短耳鴉食繭(n=82)則有小型哺乳類、鳥類、爬蟲類、昆蟲等4類。綜合來說，短耳鴉捕食小型哺乳類的頻率最高，約占全部食餌的61.0%，其次為鳥類20.8%、昆蟲13.0%、爬蟲類4.2%、蚯蚓1.0%。從短耳鴉消耗的食餌生物量來看，以哺乳類被消耗最多，約占全部生物量的65.4%；鳥類占第二位，約占全部的28.5%；其餘依序為昆蟲3.5%、爬蟲類2.5%及蚯蚓0.09%。在已鑑定的各物種中，被消耗的生物量中以赤背條鼠(*Apodemus agrarius*)最多，占全部食餌生物量的30.4%。其次為小黃腹鼠(*Rattus losea*)15.3%及鶉類(*Turdus spp.*)10.6%，其餘各物種占的比例皆低於10.0%。台灣渡冬短耳鴉的食餌區位廣度(food-niche-breadth, FNB)為7.41，食餌均勻度(food evenness)為0.799，皆比歐美地區之1.87及0.435為高。

關鍵詞：短耳鴉、食繭、生物量、食餌區位廣度、食餌均勻度

收件日期：2002年3月15日

接受日期：2002年6月17日

緒 言

短耳鴉(*Asio flammeus* Pontoppidan, 1763)屬於鴉形目(Strigiformes)鴉科(Strigidae)耳鴉屬(*Asio*)的中型貓頭鷹，體長約330-410 mm，翼長約281-355 mm，尾長約140-165 mm，雄成鳥體重206-450g，雌成鳥體重則為284-505g(König *et al.* 1999)。短耳鴉分布相當廣泛，包括北美北部、南美北部與南部、非洲北部、歐亞地區及一些群島如福克蘭(Falkland)、夏威夷(Hawaii)、加拉巴戈(Galápagos)、卡洛萊(Caroline)等皆有其蹤跡。依據外部形態可區分出8至10個亞種，而

台灣地區渡冬個體在形態上是屬於指名亞種(*A. f. flammeus*)(Voous 1988; del Hoyo *et al.* 1999; König *et al.* 1999)。根據各地鳥會歷年觀察的資料顯示，短耳鴉在台灣地區應為不普遍的冬候鳥，每年九、十月份開始便陸續前來渡冬，一直到翌年四、五月份才離開。渡冬期間多半選擇海濱、出海口、河床、牧場、機場、農耕區等低海拔平原地帶活動。過去有關短耳鴉的食性研究非常多，但都集中在歐洲和美國兩地區(Hagen 1952; Uttendörfer 1952; Aho 1964; Fairley 1966; Kulczycki 1966; Gronlund and Mikkola 1969; Mikkola and Sulkava 1969; Hölzinger *et al.*

1973; Marti and Saint-Girons 1973; Clark 1975; Glue 1977), 亞洲部分並無相關研究報告。本研究即針對台灣中部地區的短耳鴉進行食性探討, 包括食餌的種類與組成及所消耗的食餌生物量等問題, 以期對短耳鴉渡冬期間的食性有更進一步的了解。

材料與方法

分別在1995、1996與1999、2000年等四個短耳鴉渡冬期(9月至翌年3月), 在台中大肚溪口南岸與嘉義鰲鼓農場等短耳鴉較穩定出現的地區蒐集食繭。兩處皆屬於低海拔濱海區域, 環境大多屬於濕地草澤型態, 部分為農耕或廢棄魚塢。植被主要以禾本科、藜科、香蒲科為優勢, 包括蘆葦(*Phragmites communis*)、舖地黍(*Panicum repens*)、水燭(*Typha angustifolia*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、鹽地鼠尾粟(*Sporobolus virginicus*)、雲林莞草(*Bolboschoenus planiculmis*)、海雀稗(*Paspalum vaginatum*)、鹽定(*Suaeda nudiflora*)等濕生植物及甘蔗(*Saccharum* spp.)、甘薯(*Ipomoea batatas*)、豆科(Leguminosae)等農作。食繭蒐集區域主要在短耳鴉習慣停棲的凸出物附近, 包括木樁、水閘、豆架、土丘及木麻黃斷枝。相較於同一地區其他日行性共域猛禽如紅隼、澤鶩的食繭, 短耳鴉食繭的寬度與深度均比紅隼的食繭大, 結構上也較紅隼、澤鶩的食繭鬆散不緊密。蒐集到的食繭先進行形態值的測量, 包括體積與重量。形態測量之後置於50°C的烘箱, 使其崩解, 再分析其內容物。

一、食餌種類的定性與定量

食餌種類的初步鑑定是依據各類動物存在的特定構造, 像是毛髮、羽毛、鱗片、幾丁質外骨骼、剛毛等, 區分出哺乳類、鳥類、爬蟲類、昆蟲、蚯蚓等動物。更細微的

鑑定則是依據各類動物的細部特徵, 哺乳類是檢視其頭骨、齒式及臼齒面; 鳥類是依據喙喙形狀、羽毛顏色、腳爪形狀及附趾長度; 爬蟲類是依據其頭骨形式、肋骨、腹鱗; 昆蟲是依據頭部、胸節、特殊足、翅、翅鞘、產卵管; 蚯蚓是以顯微鏡鏡檢剛毛方式, 檢定其存在與否。各物種以其能鑑定至最小分類階層的程度為原則, 蚯蚓則不再細分。至於定量方面, 是以食餌單一存在的部位為優先, 像是頭部、胸部骨、薦部骨的個數, 其次為四肢骨、副器、節肢動物足、翅等成對的部位, 推斷所屬個體數。如遇同部位有兩肢以上的情況, 則視為兩個或兩個以上的個體(Burton 1973; Everett 1977; Mikkola 1983; Mead 1997)。蚯蚓由於僅存剛毛部位, 無法進行量的推斷, 因此蚯蚓在食繭中出現都只算一隻個體。

二、食餌生物量的計算

統計出食餌的種類及數量後, 利用博物館和各研究單位所測知的重量資料, 進行生物量的回推。部分種類由於無基本資料可供查詢, 因此在樣區以薛氏捕鼠器(Shermans mouse trap)捕捉, 進行野外採集並秤重, 以求其消耗生物量。生物量是以生物體的濕重(wet weight)來表示。

三、食餌區位廣度(food-niche-breadth)及食餌均勻度(food evenness)

食餌區位廣度(FNB)的運算是利用Shannon-Wiener diversity index取反對數所得(Marti 1987)。均勻度的求法則是利用改變自Hill (1973)的算法所得之式: $(N_2-1) / (N_1-1)$, 其中 $N_1 = \text{antilog } H'$; $N_2 = 1 / \sum p_i^2$ (Alatalo 1981)。而為了能與前人的研究進行比較, 本次食餌區位廣度與均勻度除哺乳類是以種的分類階層運算, 鳥類、爬蟲類、昆蟲與蚯蚓則是以綱的階層運算。

結 果

研究期間共蒐集短耳鴉食繭129個(大肚溪口, n=47; 鰲鼓農場, n=82), 食繭平均大小為 $20,316.9 \pm 3,669.2 \text{ mm}^3$ (長: $45.1 \pm 6.4 \text{ mm}$; 寬: $22.4 \pm 1.3 \text{ mm}$; 深: $20.0 \pm 1.0 \text{ mm}$), 烘乾後乾重為 $2.3 \pm 1.3 \text{ g}$ 。食繭黃褐色至黑褐色, 外有一層透明薄膜。食繭由哺乳類的毛髮與鳥羽包被成緊密結構, 除毛髮外, 從外觀還可看出昆蟲碎片與類似泥土等物質。分析兩地食繭內容物共發現5個類群477隻的食餌動物, 分別為小型哺乳類、鳥類、爬蟲類、昆蟲與蚯蚓(表1)。小型哺乳類中包括齧齒目鼠科的赤背條鼠(*Apodemus agrarius*)、田鼯鼠(*Mus formosanus*)、小黃腹鼠(*Rattus losea*)和巢鼠(*Micromys minutus*), 食蟲目鼯鼠科的鼯鼠(*Mogera insularis*); 尖鼠科的臭鼯(*Suncus murinus*)和白齒鼯屬(*Crociodura* spp.)。由於白齒鼯屬在種的比對上較易發生混淆, 因此只分到屬的階段。鳥類除少數種類存留頭部可鑑定至屬或種外, 其餘僅能鑑定至科或目, 種類計有棕三趾鶉(*Turnix suscitator*)、麻雀(*Passer montanus*)、鶇類(*Charadrius* spp.)、鶇類(*Turdus* spp.)、鶇亞科(*Sylviinae*)、椋鳥科(*Sturnidae*)及其他小型燕雀(*Passeriformes*)等。爬蟲類有石龍子屬(*Eumeces* spp.)、草蜥屬(*Takydromous* spp.)及黃頰蛇科(*Colubridae*)。由於爬蟲類各物種間並無完整標本可供比對, 因此只能鑑定到屬或科的階層。昆蟲中包括鞘翅目金龜子科的青銅金龜(*Anomala expansa*)、花點金龜(*Protaetia orientalis*); 螳螂目螳螂科的薄翅螳螂(*Mantis religinosa*)、螳螂(*Tenodera aridiforia*); 直翅目蝗科的台灣大蝗(*Chondracris rosea*)、蝗類(*Hieroglyphus* sp.)、負蝗類(*Atractomorpha* spp.)、稻蝗類(*Oxya* spp.)及蟋蟀科的蟋蟀類(*Brachytrupes* spp.)。

各類食餌中以小型哺乳類出現的頻率最

高, 占全部食餌的61.0%, 其餘依序為鳥類20.8%, 昆蟲13.0%, 爬蟲類4.2%及蚯蚓1.0%(圖1)。其中赤背條鼠(26.2%)、田鼯鼠(13.4%)及白齒鼯屬(10.3%)等, 是被捕食比例較高的小型哺乳類, 而鼯鼠僅出現1次, 出現頻率低於1.0%。鳥類(14.0%)中大部分是屬於無法鑑別的種類, 而在可鑑定物種中, 以鶇類(3.4%)被捕食的比例較高。爬蟲類中以石龍子屬(2.9%)被捕食比例較高, 其他兩種出現頻率皆低於1.0%。昆蟲中除了台灣大蝗(9.4%)被捕食比例較高外, 其餘種類皆低於1.0%。

短耳鴉捕捉的食餌重量在1.0g(稻蝗)到72.4g(小黃腹鼠)之間(表1), 各類食餌的平均生物量分別為哺乳類 $24.5 \pm 16.1 \text{ g}$ 、鳥類 $31.4 \pm 18.7 \text{ g}$ 、爬蟲類 $13.6 \pm 6.0 \text{ g}$ 、昆蟲 $6.2 \pm 2.1 \text{ g}$ 、蚯蚓 2.0 g 。全部477隻食餌的總重量為10,907g, 若將總重量除以全部食餌數, 可換算出短耳鴉捕捉每隻食餌的平均重量為 $22.86 \pm 17.1 \text{ g}$ 。從短耳鴉消耗的食餌生物量來看, 以哺乳類(7,132.6g)被消耗最多, 占全部生物量的65.4%; 鳥類(3,106.3g)占第二位, 占全部的28.5%; 其餘依序為昆蟲(387.1g)占3.5%、爬蟲類(271.2g)占2.5%及蚯蚓(10.0g)占0.09%(圖2)。在已鑑定的各物種中, 以赤背條鼠(3,312.5g)被消耗生物量最多, 占全部物種的30.4%, 其次為小黃腹鼠(1,665.2g)占全部的15.3%, 鶇類(1,152.0g)占全部的10.6%。整體來說, 台灣渡冬短耳鴉的食餌區位廣度為7.41(大肚溪口=7.59; 鰲鼓農場=6.17), 均勻度為0.799(大肚溪口=0.820; 鰲鼓農場=0.813)。

討 論

根據國外研究顯示, 短耳鴉主要以小型哺乳類為食, 但也會捕捉其他小型脊椎動物和昆蟲。歐洲地區的學者曾分析芬蘭、挪

表1. 大肚溪口與鰲鼓農場短耳鴉食性組成與消耗生物量

Table 1. Diet items and biomass (g) estimated from the pellets for the short-eared owl at the Augu Farm and the Tatu Rivermouth, 1995-1996 and 1999-2000 (number of the pellets examined in parentheses)

Prey items	Average biomass(g)	Tatu Rivermouth (47)				Augu Farm(82)			
		Number	%	Consumption biomass(g)	%	Number	%	Consumption biomass(g)	%
Mammal									
<i>Apodemus agrarius</i>	26.5	32	18.8	848.0	26.1	93	30.3	2464.5	32.2
<i>Mus formosanus</i>	12.4	17	10.0	210.8	6.5	47	15.3	582.8	7.6
<i>Rattus losea</i>	72.4	3	1.8	217.2	6.7	20	6.5	1448.0	18.9
<i>Micromys minutus</i>	8.9	8	4.7	71.2	2.2	3	1.0	26.7	0.3
<i>Mogera insularis</i>	32.0	-	-	-	-	1	0.3	32.0	0.4
<i>Suncus murinus</i>	35.2	18	10.6	633.6	19.5	-	-	-	-
<i>Crocidura</i> spp.	12.2	13	7.6	158.6	4.9	36	11.7	439.2	5.7
Bird									
<i>Turnix suscitator</i>	42.6	1	0.6	42.6	1.3	4	1.3	170.4	2.2
<i>Charadrius</i> spp.	25.0	-	-	-	-	2	0.7	50.0	0.7
<i>Passer montanus</i>	17.3	-	-	-	-	1	0.3	17.3	0.2
<i>Turdus</i> spp.	72.0	2	1.2	144.0	4.4	14	4.6	1008.0	13.2
Sylviinae	13.5	1	0.6	13.5	0.4	6	2.0	81.0	1.1
Sturnidae	38.5	-	-	-	-	1	0.3	38.5	0.5
Passeriformes	23.0	25	14.7	575.0	17.7	42	13.7	966.0	12.6
Reptile									
<i>Eumeces</i> spp.	14.8	2	1.2	29.6	0.9	12	3.9	177.6	2.3
<i>Takydromous</i> spp.	3.5	-	-	-	-	4	1.3	14.0	0.2
Colubridae	25.0	1	0.6	25.0	0.8	1	0.3	25.0	0.3
Insect									
<i>Anomala expansa</i>	2.8	-	-	-	-	3	0.9	8.4	0.1
<i>Protaetia orientalis</i>	1.5	1	0.6	1.5	<0.1	-	-	-	-
<i>Mantis religinosa</i>	3.4	2	1.2	6.8	0.2	-	-	-	-
<i>Tenodera aridiforia</i>	3.4	1	0.6	3.4	0.1	-	-	-	-
<i>Chondracris rosea</i>	7.5	31	18.2	232.5	7.2	14	4.6	105.0	1.4
<i>Hieroglyphus</i> sp.	4.5	4	2.4	18.0	0.6	-	-	-	-
<i>Atractomorpha</i> spp.	2.5	1	0.6	2.5	<0.1	-	-	-	-
<i>Oxya</i> spp.	1.0	1	0.6	1.0	<0.1	-	-	-	-
<i>Brachytrupes</i> spp.	2.0	1	0.6	2.0	<0.1	3	0.9	6.0	<0.1
Earthworm									
	2.0	5	2.9	10.0	0.3	-	-	-	-
Total		170	100.0	3246.8	100.0	307	100.0	7660.4	100.0

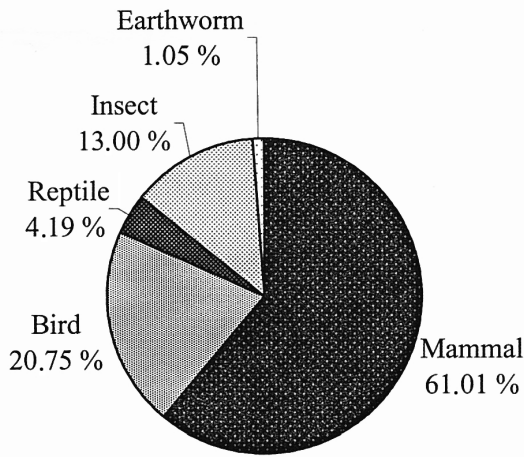


圖1. 短耳鴞各類食餌組成比例。

Fig. 1. The percent composition of prey items in terms of number in the pellets of the short-eared owl.

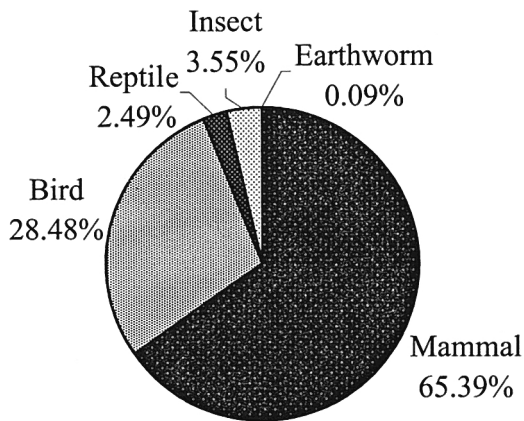


圖2. 短耳鴞食餌生物量組成比例。

Fig. 2. The percent composition of prey items in terms of biomass in the pellets of the short-eared owl.

威、德國、匈牙利等地短耳鴞在巢區附近的食繭，以研究其食性狀況。結果發現短耳鴞主要以小型哺乳類(95.5-99.7%)為食，其他像是鳥、蛙、蜥蜴、昆蟲出現比例則較少(0.3-4.5%) (Hagen 1952; Kulczycki 1966; Grönlund and Mikkola 1969; Mikkola and Sulkava 1969; Hölzinger *et al.* 1973)。Aho(1964)曾分別分析芬蘭地區短耳鴞秋季時的胃內含物及食繭，結果顯示，無論是在胃含物內或是食繭中，小型哺乳類都占有相當高的比例，分別為85.0%與98.2%，鳥類占1.1%與1.0%，昆蟲占0.7%與14.0%。Clark(1975)分析北美地區短耳鴞的食繭，發現94.8%是小型哺乳類，5.1%是鳥類，其他物種只占約0.1%。此外，歐洲學者也曾研究英國、法國、德國、愛爾蘭、南斯拉夫等地區渡冬短耳鴞的食性，結果仍是以小型哺乳類被利用情形較多(71.5-99.7%)，鳥類其次(0.1-17.1%)，然而各地區食餌類型的出現比例並不固定(Uttendörfer 1952; Fairley 1966; Marti and Saint-Girons 1973; Glue 1977)。而根據吾人的研究顯示，台灣地區渡冬短耳鴞仍是以小型哺乳類和鳥類為主要捕食對象，這兩類動物的出現頻率占了全部的81.8%，被消耗掉的生物量占全部的93.9%。爬蟲類、昆蟲及蚯蚓的出現頻率占18.2%，被消耗掉的生物量僅占6.3%。將此結果與往昔歐美地區學者研究相較，小型哺乳動物的比例明顯較少(61.0% vs. 71.5% *Ireland*; 99.7% *France*)，鳥類(20.8% vs. 0.1% *Germany*; 17.1% *Ireland*)與昆蟲(13.0% vs. 0.1% *Germany*; 2.5% *Finland*)的比例則相對提高，蚯蚓在過去的研究則是沒有發現(Hagen 1952; Fairley 1966; Grönlund and Mikkola 1969; Hölzinger *et al.* 1973; Marti and Saint-Girons 1973; Glue 1977)。

食餌組成比例之間的異動反映出棲息地動物組成的不同及多樣性上的差異(Marti and Kochert 1996)，歐美地區由於地處高緯，在

物種組成上較為單調，所以短耳鴉的食性會比較有集中於某些類群的現象。而台灣地處低緯，氣候較為溫暖，物種組成較豐富，使得短耳鴉的食餌歧異度增加。此部分可以利用食餌區位廣度及均勻度等數值做出印證。根據研究，北美地區短耳鴉的平均食餌區位廣度值為1.87(1.23-5.20)，平均食餌均勻度值為0.435(0.315-0.703)(Denver 1993)。而台灣地區渡冬短耳鴉的食餌區位廣度值為7.41，食餌均勻度值為0.799，從數值比較上可以明顯看出台灣地區短耳鴉捕獲的食餌類型的多樣性較高，種類間的分布也較均勻。

從結果可看出台灣地區短耳鴉捕捉鳥類的比例明顯較歐美地區高，由於鳥類靈活度較高，不似鼠類容易捕捉(Toland 1986)，群聚的行為更可以提早發現掠食者而減少被捕食的機率(Cresswell 1994)，為何在短耳鴉的食性中占如此高的比例，值得探討。吾人推測是因為其他共域日行性猛禽競爭的關係，迫使短耳鴉變更其活動的時間所致。根據歐洲學者觀察，短耳鴉的活動時間有74%是在清晨九點至夜間九點這個時段內，因此可說是較傾向白天活動的貓頭鷹(Mikkola 1968; Korpimäki 1978)。但Clark(1975)認為在食物短缺的情況下，會迫使短耳鴉增加夜間的狩獵行為。根據吾人的觀察，大肚溪口與鰲鼓每年皆會吸引許多日行性猛禽前來渡冬，較穩定的種類包括紅隼(*Falco tinnuculus*)、澤鵟(*Circus spilonotus*)、灰澤鵟(*Circus cyaneus*)等。這些日行性猛禽也是以小型哺乳類為食(Watson 1977; Hamerstrom 1986; Village 1990)，在食性組成上與短耳鴉有很高的重疊性，有些甚至會搶奪短耳鴉食物或是殺死短耳鴉(Clegg and Henderson 1971; Clark 1975; Watson 1977)。因此吾人認為短耳鴉或許會以變更活動時間的方式來避免與其他日行性猛禽之間的食物競爭與直接衝突，而且夜間是鳥群警戒較為薄弱的時段，掠食成功率可能

因此升高，使得鳥類被捕食的比例增加，甚至有可能取代了部分的小型哺乳類。爬蟲類、昆蟲與蚯蚓的靈活度低，猛禽捕捉的成功率很高(Toland 1986)，但因活躍時期與短耳鴉在台灣棲息季節不重疊、個體生物量小等因素，致使這三類食餌被捕食的整體比例並不是很高。但有少部分物種例外，如台灣大蝗，由於其個體生物量大(7.5g)，成蟲又發生於秋冬季節，因此被捕食的比例相對較高(9.4%)。蚯蚓由於其鑑定的依據很容易被忽略，所以過去並無相關的食餌資料被描述。本次在5枚食繭內發現剛毛與口器，因此推斷出蚯蚓的存在。蚯蚓平時躲藏於地表下，為何短耳鴉能捕捉到令人好奇。然根據研究顯示，北台灣的蚯蚓在冬初(12月)到次年春末(5月)大雨過後的清晨，會爬出地表活動(莊及陳 2000)。由於蚯蚓捕捉容易，所以一旦爬出地表活動，很可能就成為短耳鴉捕食的目標。

大肚溪口的短耳鴉每枚食繭內平均包含3.62隻食餌，以消耗生物量(3,246.8g)除以食繭數(n=47)，推得每枚食繭代表69.1g的食餌生物量。相同條件下，鰲鼓農場(7,660.4g; n=82)的每枚食繭平均包含3.74隻食餌，而每枚食繭代表93.4g的食餌生物量。整體說來，短耳鴉的每枚食繭平均包含3.70隻食餌，若以每隻食餌22.9g(總消耗生物量/總食餌數)來回推的話，每個食繭代表84.7g的生物量被消耗，相當於3.2隻的赤背條鼠，6.8隻的田鼠與1.2隻小黃腹鼠。但根據野外觀察，短耳鴉捕食鳥類及昆蟲，常會留下許多食物殘餘，像是羽毛、頭部、腳爪、足、翅等，因此，實際消耗掉的生物量可能比84.7g還低。回推日攝食量主要是想探討野外短耳鴉每日所需的生物量，台灣地區渡冬短耳鴉的體重平均是 $353.8 \pm 36.7\text{g}$ (n=15; range: 290-420g)，若以每日84.7g的食餌來計算，野外短耳鴉每日約需消耗相當自身體重23.9%的食餌生物量。而特有生物研究保育中心急救站參養的短耳鴉

每日攝食1-2隻的小雞，生物量約是40-60g，約為體重的11.3%-17.0%(n=3)。在食物利用情形相同下(處理食物、食糞排出及糞便的排出)，室內短耳鴞的日攝食量較野外短耳鴞少，反映出野外短耳鴞必須多投注能量在建立領域、搜尋獵物、飛行、禦寒、競爭等行為。台灣地區渡冬短耳鴞的數量還算普遍，只要是沿海平原地帶皆有機會發現，雖然如此，仍有許多生物學特性如領域大小、活動模式與其他日行性共域猛禽等生態相關問題，目前並不清楚，需要更多的觀察與研究。

引用文獻

- 莊淑君、陳俊宏。2000。台灣蚯蚓爬出地面行為的探討。動物行為暨生態研討會論文。
- Aho, J. 1964. The autumn food of *Asio flammeus* Pontopp in vicinity of the city of Tampere, South Finland. *Annal Zoological Fennica* 1: 375-376.
- Alatalo, R. V. 1981. Problems in the measurement of evenness in ecology. *Oikos* 37: 199-204.
- Burton, J. A. 1973. *Owls of the world: Their evolution, structure and ecology*. Peter Lowe / Eurobook, New York.
- Clark, R. 1975. A field study of the short-eared owl *Asio flammeus* (Pontoppidan) in North America. *Wildlife Monographs* 47: 1-67.
- Clegg, T. M., and D. S. Henderson. 1971. Kestrel taking prey from short-eared owl. *British Birds* 64: 317.
- Cresswell, W. 1994. Flocking is an effective anti-predation strategy in redshanks *Tringa tetanus*. *Animal Behaviour* 47: 433-442.
- del Hoyo, J., A. Elliott, and J. Sargatal. 1999. *Handbook of the birds of the world. Vol. 5. Barn-owls to Hummingbirds*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Denver, W. H. 1993. Trophic niche of Nearctic short-eared owls. *Wilson Bulletin* 105(3): 497-503.
- Everett, M. 1977. *A nature history of owls*. Hamlyn / London.
- Fairley, J. S. 1966. An indication of the food of the short-eared owl in Ireland. *British Birds* 59: 307-308.
- Glue, D. E. 1977. Feeding ecology of the short-eared owl in Britain and Ireland. *Bird Study* 24: 70-78.
- Grönlund, S., and H. Mikkola. 1969. Sarvipöllön pesimäbiologiasta ja ravinosta Pohjanmaalla ja Suomenselällä, 1962-69. *Suomenselän Linnut* 12: 77-83.
- Hagen, Y. 1952. *Rovfuglene og Viltpleien*. Byldendal Norsk Forlag. Oslo.
- Hamerstrom, F. 1986. *Harrier hawks of the Marshes*. Smithsonian Institution Press.
- Hill, M. O. 1973. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427-432.
- Hölzinger, J., M. Mickkley, and K. Schilhansl. 1973. Untersuchungen zur Brut- und Eennährungsbiologie der Sumpfohreule (*Asio flammeus*) in einem süddeutschen Brutgebiet mit Bemerkungen Zum Auftreten der Art in Mitteleuropa. *Anzeige ornament Gespräch Bayern* 12: 176-197.
- König, C., F. Weick, and J. H. Becking. 1999. *A guide to the owls of the world*. Yale University, USA.
- Korpimäki, E. 1978. Pöllöjen pesimäaikaikaisesta esiintymisestä Suomenselällä v. 1978. *Suomenselän Linnut* 13: 100-107.

- Kulczycki, A. 1966. przyczynek do znajomości pokarmu sowy blotnej, *Asio flammeus flammeus* (Pontop, 1763). Przegląd Zoologie 10: 218-221.
- Marti, C. D. 1987. Raptor food habits studies. Washington, DC: National Wildlife Federation Scientific and Technical Series 10: 67-80.
- Marti, C. D., and M. N. Kochert. 1996. Diet and trophic characteristics of great horned owls in southwestern Idaho. Journal of Field Ornithology 67(4): 499-506.
- Marti, C., and M. C. Saint-Girons. 1973. Evolution d'un dortoir hivernal de hiboux brachyotes, *Asio flammeus* (Pontoppidan, 1789), au cours d'une pullulation de campagnols des champs, *Microtus arvalis* (Pallas, 1779). Oiseau et R. F. O. 43: 51-54.
- Mead, C. 1997. Owls. Whittet Books Ltd., London.
- Mikkola, H. 1968. Suopöllöt ovat yksilöllisiä. Suomenselän Linnut 3: 4-5.
- Mikkola, H. 1983. Owls of Europe. Buteo Books, Vermillion, USA.
- Mikkola, H., and S. Sulkava, 1969. On occurrence and feeding habits of short-eared owl in Finland 1964-68. Ornis Fennica 46: 126-131.
- Toland, B. 1986. Hunting success of some Missouri raptors. Wilson Bulletin 98(1): 116-125.
- Uttendörfer, O. 1952. Neue Ergebnisse über die Ernährung der Greiffrögel und Eulen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Village, A. 1990. The Kestrel. T & A D Poyser Ltd., London. pp. 47-62.
- Voous, K. H. 1988. Owls of the northern hemisphere. William Collins Sons and Co. Ltd., London, UK. pp. 177-181.
- Watson, D. 1977. The hen harrier. Poyser, Berkhamsted.

Winter Diet of the Short-eared Owl *Asio flammeus* (Pontoppidan) at the Augu Farm and the Tatu Rivermouth of Taiwan

Wen-Loung Lin and Chin-Chang Yeh

Department of Entomology, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

Abstract

We collected 129 pellets of the short-eared owl *Asio flammeus* Pontoppidan (1763), 82 from the Augu Farm and 42 from the Tatu Rivermouth area, during the winter periods of 1995 to 1996 and 1999 to 2000. The pellets were 20.31 ± 3.66 cm³ (mean \pm standard deviations) in volumes and 2.3 ± 1.3 g in dry weights. They consisted of five taxonomic groups of preys, small mammals, birds, reptiles, insects, and earthworms, for those from the Tatu Rivermouth, and the same groups except earthworms for those from the Augu Farm. Small mammals were the most dominant, and then followed by birds, insects, reptiles, and earthworms. The average percent compositions in terms of the total number and total weight (biomass) were, respectively, 61.0% and 65.4% for small mammals, 20.8% and 28.5% for birds, 13.0% and 3.5% for insects, 4.2% and 2.5% for reptiles, and 1.0% and 0.09% for earthworms. For the prey items identified, the Formosan striped field mouse *Apodemus agrarius* occupied 30.4% of the total prey biomass, while the brown country rat *Rattus losea* was 15.3% and thrushes *Turdus* spp. were 10.6%. The FNB value and food evenness were, respectively, 7.41 and 0.799, which were higher than 1.87 and 0.435 in North America and Europe.

Key words: short-eared owl, pellet, biomass, food-niche-breadth, food evenness

Received: March 15, 2002

Accepted: June 17, 2002

台灣地區野生及圈養黑熊遺傳變異之初探

陳元龍 楊吉宗

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

摘 要

本研究共定序出1隻馬來熊(*Ursus malayanus* Raffles)及11隻亞洲黑熊(*Ursus thibetanus*)的12S rRNA基因(391個鹼基)及16S rRNA基因(425個鹼基)序列,在亞洲黑熊部分,3隻確定為亞洲黑熊台灣亞種,其餘8隻則為不確定來源之圈養亞洲黑熊。定序結果,兩個基因在亞洲黑熊與馬來熊間有明顯差異,建議可做為此兩種間鑑別的依據。在台灣黑熊亞種及圈養的亞洲黑熊之間,分別只有3個鹼基發生轉移變異,由於基因變異性低,該二個基因應不適作為亞洲黑熊亞種間的鑑別。

關鍵詞：台灣黑熊、粒線體DNA、12S rRNA、16S rRNA

收件日期：2001年5月23日

接受日期：2001年10月11日

台灣黑熊(*Ursus thibetanus formosanus* Swinhoe, 1864)為亞洲黑熊分布於台灣的特有亞種,早期廣泛分布於台灣地區,尤以海拔1,000到3,000m的森林地帶較多(王及陳1991),近年來因棲地破壞及過度狩獵,致使本種動物備受威脅,數量亦急遽減少(Wang 1990),於1989年依野生動物保育法被列為瀕臨絕種野生動物。有關亞洲黑熊的亞種分類相當紊亂,儲等(2000)提出亞洲黑熊可分大陸地區的模式種、日本亞種及台灣亞種,而汪(1998)則於「中國瀕危動物紅皮書-獸類」一書中,指中國境內亞洲黑熊分成五個亞種;由於亞洲黑熊分布廣泛,不同地區、海拔高度的黑熊在外形上往往有些許變異,故以外形來區分不同的亞種相當困難,且易產生爭議性。台灣地區所產的亞洲黑熊,在上述的分類皆為一獨立亞種,且台灣地區因台灣海峽之隔,與大陸地區的亞洲黑熊在自然狀況下應無基因交流,故保育台灣黑熊對維護亞

洲黑熊遺傳多樣性而言,實為一個相當重要的工作。近來分子生物技術日新月異,利用該項技術探討種間的類緣關係或是種內的亞種及族群界定亦相當普遍,在動物方面特別是粒線體DNA的應用,由於粒線體DNA複製過程缺乏修補機制,發生變異機率高於體染色體,且具有母系遺傳的特性,故常用於探討動物類緣關係、族群結構、生物地理等方面的研究(Avise *et al.* 1986; Ball *et al.* 1988; Gemmell and Westerman 1994; Masuda *et al.* 1996)。由於以往對於台灣黑熊遺傳變異相關研究相當稀少,且台灣黑熊在野外亦不易發現,欲取得其組織樣本更是不易,因此,初步利用民間現有圈養的黑熊及部分確定為台灣黑熊個體的組織,進行粒線體DNA內12S rRNA基因及16S rRNA基因序列變異的研究,期望能對黑熊的遺傳變異有更多的了解。

本研究共取得1隻馬來熊及11隻黑熊血液樣本,包括1隻雪山地區在台灣黑熊、1隻玉

山地區的野生台灣黑熊及9隻圈養的黑熊。這9隻圈養的黑熊之中，由台北市立動物園所提供的1隻證實為台灣黑熊亞種(儲等 2000)，其餘圈養黑熊皆無法確定是否為台灣亞種。黑熊經麻醉後抽取頸靜脈血液，再以phenol/chloroform-salt法(Sambrook *et al.* 1989)純化染色體DNA，並進行12S rRNA基因及16S rRNA基因的PCR反應，在總體積100 μ l的反應液中含有200 ng的黑熊純化染色體DNA、1倍的PCR緩衝液(50 mM KCl，2 mM MgCl₂，1 mM β -mercaptoethanol)、200 μ M dNTP混合液及兩股各20 pmol的粒線體DNA引子(16S-1F：5'-GTGCAAAGGTA GCATAATCA-3'；16S-4R：5'-TGTCC TGATCCAACATCGAG-3'，Hoelzel and Green 1992；L1091：5'-AATTGGATCCAA CTGGGATTAGATACCCCACTAT-3'；H1478：5'-TTAAGAATTCGAGGGTGAC GGGCGGTGTGT-3'，Masuda *et al.* 1996)。PCR的反應於溫度循環器進行，反應條件為：95°C預熱5分鐘，再以94°C 1分鐘，50°C 30秒，72°C 1分鐘反應35個循環，最後以

72°C反應10分鐘，反應完畢後將混合液中的DNA純化，以自動定序法定出16S rRNA基因(分別使用16S-1F及16S-4R為定序引子)及12S rRNA基因(分別使用H1478S及H1254S為定序引子)(Masuda *et al.* 1996)片段序列。定序結果，在12S rRNA基因部分，亞洲黑熊定出391個鹼基，馬來熊則定出390個鹼基，亞洲黑熊與馬來熊存在13個鹼基變異，包括1個鹼基缺失(deletion)、1個鹼基易位(transversion)及11個鹼基轉移(transition)；在亞洲黑熊之間，存在3個鹼基變異，皆為轉移變異，其中已確定為台灣亞種的3隻黑熊之中，來自雪山者與另2隻來自玉山與台北市立動物園者僅有1個鹼基變異(nt 197 G→A)，且此鹼基變異僅發生於雪山台灣黑熊，其餘圈養黑熊與玉山台灣黑熊皆為相同鹼基(圖1)。在16S rRNA基因部分，除野生玉山台灣黑熊未完整定序完成外，其餘黑熊及馬來熊定出425個鹼基，亞洲黑熊與馬來熊之間有34個鹼基變異，包括2個鹼基易位及32個鹼基轉移；在亞洲黑熊之間僅有3個鹼基變異，皆為轉移變異，該3個變異位置在已確定為台灣黑熊亞種者(來

```

1 GCGTGCTTCA TTGCCTTATT CAACCAAGCT CTCTATTCTT GGTTTACTAC 50
51 TAAATCCACC TTTAGTTTTT AGTTTCATAA AAACCTTTCGT AGGTTGTTCT 100
101 TGAATAGAAA ATGTAGCCCA TTTCTTCCCA TCCCATGGGT TACACCTTGA 150
151 CCTAACTTTT TTATGCAAGA TGATTATGCT TACTCTTTTT CCTTTTGAGG 200
201 GTTTGCTGAA GATGGCGGTA TATAGACTGG ATTAGCAAGG GGCGGTGAGG 250
251 TCTATCGGGG TTTATCGATT ACAGAACAGG CTCCTCTAGG GGGGTTTAAA 300
301 GCACCGCCAA GTCCTTTGAG TTTTAAGCCG TTGCTAGTAG TTCTCTGGCG 350
351 AATAATTTTG TTTGATAAAT TATTTATGTT TAAGGCTAAG C 391

```

圖1. 亞洲黑熊12S rRNA基因的391 bp序列。所定序的11個樣本中，共有3個鹼基發生轉移變異，分別以粗體字母表示，其中具框線者僅來自雪山的樣本為G，其餘樣本皆為A。

Fig. 1. A sequence of mitochondrial 12S rRNA (391 bp) gene of *Ursus thibetanus*. The bold letters represent the transition nucleotides in the 391 nucleotides of the 11 Asian black bears. The framed bold transition nucleotide from Shei-Shan sample is G, and from the other samples is A.

自雪山者與來自台北市立動物園者)完全相同(圖2)。綜合以上結果,亞洲黑熊在12S rRNA及16S rRNA基因的變異相當小,只各占所定序完成鹼基之0.77%及0.71%,應無法用來協助釐清圈養黑熊與台灣黑熊之親緣關係,亦即不適合用來研究黑熊亞種間的相關問題。由於在粒線體的DNA當中,控制區域是最易發生變異的區域(Brown *et al.* 1986; Southern *et al.* 1988),而rRNA及tRNA則最不易發生。本研究的結果在12S rRNA基因序列部分,在已確定為台灣亞種的3隻黑熊當中,來自雪山者與另1隻來自玉山及1隻台北市立動物園者僅有1個鹼基的變異。由於本研究的樣本數不多,再加上樣本來源有許多未確知之處,故仍須取得確定典型黑熊亞種之樣本,並增加樣本數目,分析並比較其基因序列,方能探究各黑熊亞種間之遺傳變異情形。

謝 誌

感謝玉山國家公園、台北市立動物園、

高雄市立壽山動物園、曾秋菊主任、吳俊明先生、劉進發先生、蔡昇泉先生、黃美秀小姐提供黑熊血液樣本,以及本中心何東輯站主任、詹文輝先生、吳清明先生、林宗宏先生、詹芳澤先生、塗清祥先生協助採集黑熊血液,張簡琳玲博士協助英文摘要及圖說修正。

引用文獻

王穎、陳添喜。1991。台灣黑熊之生態調查及其經營管理策略(II)。行政院農業委員會。

汪松。1998。中國瀕危動物紅皮書—獸類。科學出版社。

儲瑞華、吳海音、林曜松。2000。台灣黑熊(*Selenarctos thibetanus formosanus*)的DNA鑑定初探。動物園學報12: 25-34。

Avise, J. C., S. Helfman, C. Saunder, and L. S. Hales. 1986. Mitochondrial DNA differentiation in North Atlantic eels :

```

1  ACCAACATCC  GAAAAACCCA  CCCATTAGCC  AAAATCATCA  ACAACTCACT  50
51  CATTGATCTC  CCAGCACCAT  CAAATATCTC  AGCATGATGA  AACTTTGGAT  100
101 CCCTCCTCGG  AGTATGCCTA  ATCCTACAGA  TTCTGACAGG  CCTATTTCTA  150
151 GCTATACACT  ACACATCAGA  CGCGACTACA  GCCTTTTCAT  CAGTCGCCCA  200
201 TATTTGCCGA  GACGTCCATT  ACGGATGAAT  TATCCGATAC  ATACATGCAA  250
251 ACGGAGCCTC  CATGTTCTTC  ATCTGCCTAT  TCATACACGT  AGGACGGGGC  300
301 TTGTATTATG  GCTCATACT  ACTCTCAGAA  ACATGAAACA  TTGGCATCAT  350
351 CCTCCTATTT  ACAGTTATAG  CCACCGCATT  CATAGGATAC  GTCCTACCCT  400
401 GAGGACAAAT  ATCATTCTGA  GGAAT  425
    
```

圖2. 亞洲黑熊16S rRNA基因的425 bp序列。所定序的樣本中,共有3個鹼基發生轉移變異,分別以粗體字母表示,而確定為台灣黑熊亞種者其基因序列完全相同。

Fig. 2. A sequence of mitochondrial 16S rRNA (425 bp) gene of *Ursus thibetanus*. There were only 3 transition nucleotides represented by the bold letters in the sequences. The sequences between *Ursus thibetanus formosanus* are identical.

- Population genetic consequence of an unusual life history pattern. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 83: 4350-4354.
- Ball, R. M. Jr., S. Freeman, F. C. James, E. Bermingham, and J. C. Avise. 1988. Phylogeographic population structure of red-winged blackbirds assessed by mitochondrial DNA. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 85: 1558-1562.
- Brown, W. G., G. Gadaleta, G. Pete, C. Saccone, and E. Sbisà. 1986. Structural conservation and variation in the D-loop containing region of vertebrate mitochondrial DNA. *Journal of Molecular Biology* 192: 503-511.
- Gemmell N., and M. Westerman. 1994. Phylogenetic relationships within the class mammalia: A study using mitochondrial 12S rRNA sequences. *Journal of Mammalian Evolution* 2(1): 3-23.
- Hoelzel, A. R., and A. Green. 1992. Analysis of population level variation by sequencing PCR-amplified DNA. pp. 159-187. *In*: A. R. Hoelzel (ed.). *Molecular genetic analysis of populations: A practical approach*. Oxford University. Oxford.
- Masuda, R., J. V. Lopez, J. P. Slattery, N. Yuhki, and S. J. O'Brien. 1996. Molecular phylogeny of mitochondrial cytochrome b and 12S rRNA sequences in the Felidae: Ocelot and domestic cat lineages. *Molecular Biology and Evolution* 6(3): 351-365.
- Sambrook, J., E. F. Fritsch, and T. Maniatis. 1989. *Molecular cloning : A laboratory manual* (2nd edition). Cold Spring Harbor Laboratory. New York.
- Southern, S., J. S. Peter, and E. D. Andrew. 1988. Molecular characterization of cloned mitochondrial genome. *Journal of Molecular Evolution* 28: 32-42.
- Wang, Y. 1990. Status and management of the Formosan black bear in Taiwan. *International Conference Bear Research and Management* 8: 1-4.

Mitochondrial DNA-sequences of Wild and Captive Asian Black Bears (*Ursus thibetanus* Cuvier) in Taiwan

Yen-Long Chen and Chieh-Chung Yang

Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

Abstract

Partial gene sequences of mitochondrial 12S rRNA (391 bp) and 16S rRNA (425 bp) were compared among one captive sun bear (*Ursus malayanus* Raffles) and 11 Asian black bears (*Ursus thibetanus* Cuvier). The latter consisted of two wild and one captive Taiwan black bear (*Ursus thibetanus formosanus* Swinhoe) and eight captive individuals of unknown geographical origins. There were distinct interspecific differences in the sequences between the sun bear and the Asian black bears with 13 nucleotide variations (one deletion, one transversion and 11 transitions) for 12S rRNA and 34 variations (two transversions and 32 transitions) for 16S rRNA. For the Asian black bears, there were only three transitions for each of 12S rRNA and 16S rRNA; the variations were too small for distinction of its geographical populations.

Key words: *Ursus thibetanus formosanus*, mitochondrial DNA, 12S rRNA, 16S rRNA

Received: May 23, 2001

Accepted: October 11, 2001