



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Bactrocera tau (Diptera: Tephritidae) Ovipositional Preference on Host Plants 【Research report】

南瓜實蠅 (*Bactrocera tau*) (雙翅目：果實蠅科) 之產卵偏好 【研究報告】

Ming-Ying Lin*
林明瑩*

*通訊作者E-mail: mylin@mail.tndais.gov.tw

Received: 2006/02/06 Accepted: 2006/05/01 Available online: 2006/09/01

Abstract

Bactrocera tau ovipositional preference for different host plant species was studied in this research. Ten common host fruits, *Benincasa hispida*, *Carica papaya*, *Cucumis anguria*, *Cucumis melo*, *Cucumis melo* var. *reticulatus*, *Cucumis sativus*, *Cucurbita moschata*, *Luffa cylindrica*, *Lagenaria leucantha* and *Momordica charantia*, were tested in the laboratory. In each experiment, four host fruits were tested using a multiple choice test; a total of 10 experiments were undertaken. The average number of eggs laid on cucumber (*Cucumis sativus*) was the greatest among the 10 host fruits tested. The next most preferred fruits were pickling cucumber (*Cucumis anguria*) and sponge gourd (*Luffa cylindrica*). The number of eggs laid by *B. tau* on fresh fruits and fruits injured by 1st and 2nd instar larvae were not significantly different. However, *B. tau* preferred to oviposit on fresh fruits and neglected injured fruits when there were 3rd instar larvae present; whether the larvae were *B. tau* or *B. cucurbitae*. Comparison of ovipositional preference showed that *B. tau* strongly preferred to oviposit on fresh fruits, and the same results were obtained on both sponge gourds and cucumbers. The oviposition behavior was observed during the first 60 minutes. Most females were sucking on the rotten fruits during the first 10 minutes, but the majority of females moved from the rotten to the fresh fruits within 30 minutes.

摘要

以小黃瓜、苦瓜、南瓜、洋香瓜、甜瓜、胡瓜、冬瓜、絲瓜、扁蒲及木瓜等10種常見瓜實進行南瓜實蠅雌蟲產卵偏好試驗，以每4種瓜實為1組，共分10組，進行分組測試，結果以在胡瓜上所產之平均總產卵量較多，佔全部10種瓜實比例之24.58%，其次為小黃瓜、絲瓜及南瓜分別佔19.71、14.77及14.46%。在對新鮮瓜及內有幼蟲之被害絲瓜之產卵偏好試驗中，當瓜實內有初齡幼蟲時，南瓜實蠅對新鮮瓜及有初齡幼蟲之被害瓜之產卵數間並無顯著差異，亦即雌蟲無產卵偏好之選擇性差異；但當瓜實內幼蟲達3齡時，則南瓜實蠅甚少選擇被害瓜而顯著偏好於在新鮮絲瓜上產卵，且不論瓜實內之幼蟲為南瓜實蠅或瓜實蠅，均可得到相同結果。在對新鮮及腐爛絲瓜及胡瓜之產卵偏好選擇上，南瓜實蠅顯著地偏好在新鮮的瓜實上產卵，對兩種不同瓜類之產卵偏好結果均相同。於雌蟲產卵偏好試驗進行開始60分鐘內觀察雌蟲之產卵行為，試驗初期的10分鐘內，雌蟲多受誘引，集中停留在腐爛瓜上，經試探選擇，於30分鐘後，多數之雌蟲均轉移至新鮮瓜實上進行產卵。

Key words: *Bactrocera tau*, ovipositional preference

關鍵詞: 南瓜實蠅、產卵偏好

Full Text:  [PDF \(0.58 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

合歡山池沼群底棲大型無脊椎動物之分布

林斯正* 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
謝森和 靜宜大學生態學系 台中縣沙鹿鎮中樓路200號
楊平世 台灣大學昆蟲學系 台北市羅斯福路四段1號

摘 要

本研究 2001 年於合歡山區 8 個池沼進行水質與底棲大型無脊椎動物調查，共紀錄底棲大型無脊椎動物 3 綱 7 目 8 科 17 種 (taxa) 32,686 隻。包括雙翅目 9 種，毛翅目 3 種，貧毛綱、雙殼綱、蜉蝣目、蜻蛉目、鞘翅目各 1 種。就數量比較，雙翅目佔總隻數的 93.3%，為最主要分類群。另外以典型對應分析法 (CCA) 探討水質因子與物種分布的關係，結果 CCA 前 2 軸共解釋生物資料 46.7% 變異。由樣區在 CCA 前 2 軸的排序分布顯示，8 個池沼可歸類為 3 群。St. 7 合歡碧池為貧腐水型池沼，主要對應水質要求高的非耐污種類。St. 8 天巒池屬中腐水型池沼，主要對應中度耐污種類。Sts. 1~6 為富腐水型池沼，主要對應耐污種類。

關鍵詞：合歡山、池沼、水質、底棲大型無脊椎動物。

前 言

台灣冷杉林帶的亞高山湖沼 (subalpine lake) 素有高山明珠之稱，是珍稀地理景觀與觀光資源，也是野生動植物重要水源與棲地。由於湖光山色天然美景與充足水源，很早就是山友登臨與紮營所在。惟交通不便，有關研究不多。Kano and Yosimura (1934) 在雪山翠池的研究，可能是最早的調查資料。經過長期停滯後，才繼有七彩湖群、嘉明湖、天巒池的報導 (Otsu *et al.*, 1992; Hsu *et al.*, 1993; Liew and Huang, 1994; Lou *et al.*, 1994;

Chen *et al.*, 1997; Yen *et al.*, 1998)。因往昔研究不多，且側重水質、底質與湖濱植物，有關底棲大型無脊椎動物並不清楚，有必要加強這方面研究。

為瞭解台灣亞高山湖沼底棲大型無脊椎動物生態，本研究以合歡山池沼群作為研究對象。目的在建立水質與底棲大型無脊椎動物基礎資料，探討水質與無脊椎動物分布的相關性，最後對高山湖沼保護提出建議。

*論文聯繫人
e-mail:lsc@tesri.gov.tw

材料與方法

研究地點

合歡山位於台中、南投、花蓮縣交界，在太魯閣國家公園範圍內，年雨量平均 3000 mm 以上，年平均溫度 6°C 以下，平均相對溼度 80% 以上，屬低溫重溼型氣候。山區植被除少數山峰為玉山圓柏 (*Juniperus squamata*) 及杜鵑灌叢盤據外，其餘 3000 m 以上為台灣冷杉 (*Abies kawakamii*) 及玉山箭竹 (*Yushamia niitakayamensis*) 的鑲嵌分布。由於本區沿著中央山脈主脊有不少池沼，本研究遂選定合歡東峰至武法夸尾山間，終年有水 8 個池沼作為調查樣區。

圖一為 8 個調查池沼位置。St. 1 位合歡山莊下方約 200 m 處的箭竹草原緩坡上。St. 1 下方約 10 m 處為 St. 2。St. 3 在 St. 2 北方約 300 m 之冷杉與箭竹交匯帶。St. 4 位石門山北方約 1 km 處的箭竹草原上。St. 4 東方約 200 m 處為 St. 5。St. 6 位於小風口登山口附近箭竹陡坡上。St. 7 即合歡碧池，位於合歡北峰下方約 400 m 處，池邊皆被冷杉包圍。St. 8 即天巒池，位於武法夸尾山南方約 300 m 處，植被為冷杉與箭竹各半，為合歡山區最大池沼。各池沼海拔高度、湖形、週長、面積及遮蔽度等見表一。

採樣方法

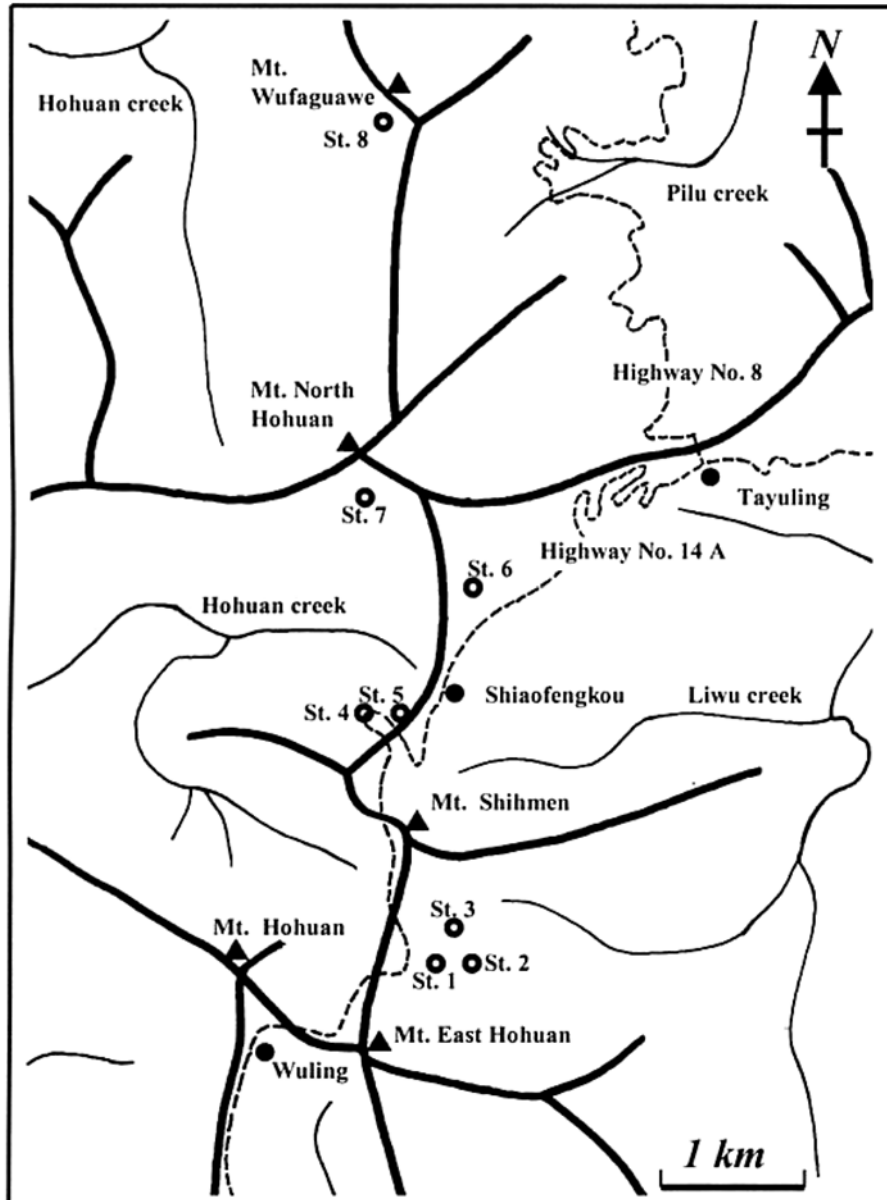
水質與底棲無脊椎動物於 2001 年 2、5、8、11 月各採樣一次。現場以 CYBERSCAN 酸鹼度計、CONSORT-Z521 溶氧量計及 HACH-CO150 導電度計測量 pH 值、溶氧量 (dissolved oxygen)、導電度 (conductivity) 與總溶解固體 (total dissolved solids)。水銀高低溫溫度計測量當日池水高低溫。另取水攜回實驗室分析，試水經孔徑 0.45 μm 玻璃纖維

濾紙過濾後，分析懸浮固體 (suspended solids)，並以硫酸測量甲基橙總鹼度 (total alkalinity)，EDTA 滴定法測量總硬度 (total hardness)。濁度 (turbidity)、氨氮 (ammonia)、亞硝酸鹽 (nitrite)、硝酸鹽 (nitrate)、正磷酸鹽 (orthophosphate)、硫酸鹽 (sulfate)、硫化物 (sulfide)、總磷酸鹽 (total phosphorus)、總凱氏氮 (total Kjeldahl nitrogen) 及化學需氧量 (chemical oxygen demand) 依 HACH DR/2000 水質分析儀之操作程序測定。生物樣品以半徑 10 cm 長 50 cm 之圓形塑膠採樣筒，於水深約 30 cm 處隨機掘取 10 cm 深底質 4 次，並合併為一個生物樣品。樣品經 0.5 mm 網目篩出大型無脊椎動物後，先以 5% 福馬林固定，再以水清洗並置入酒精中保存。底棲大型無脊椎動物分類主要參考 Asahina (1983)、Wiederholm (1983)、Kawai (1985) 及 Morse *et al.* (1994) 等。

資料分析

底棲大型無脊椎動物樣品在顯微鏡下鑑定種類，並計算種數、密度、多樣性指數 (Shannon-Wiener's index, H) 與均勻度指數 (Pielou's evenness index, e)。多樣性指數公式為： $H = -\sum (P_i) \times \log_{10} (P_i)$ ， P_i 為第 i 種所佔隻數比例。均勻度指數公式為： $e = H / \log_{10} S$ ， S 為種數。生物指標分析則以北卡羅萊那生物指數 (North Carolina Biotic Index, NCBI) 評價水質，公式為： $NCBI = \sum (TV_i) \times (P_i)$ ， TV_i 為第 i 種之耐受值 (tolerance value)， P_i 為第 i 種所佔隻數比例 (Lenat, 1993)。由於本調查搖蚊科佔總調查量 93.3%，且本科 NCBI 耐受值較詳盡而適合本地使用，故僅計算搖蚊科 NCBI 值。

水質與物種分布的相關性是以排序技術 (ordination techniques) 評估。為降低優勢物



圖一 合歡山區池沼調查位置圖 (粗線代表稜線, 細線代表溪流, 虛線代表道路, 空心圓形代表池沼樣區)。
 Fig. 1. Map of sampling sites in the Mt. Hohuan area (thick lines, mountain ridgelines; thin lines, creeks; dotted lines, roads; open circles, sampling sites).

種對排序分析的影響, 群聚資料先以 $\log_{10}(X+1)$ 轉換。經降趨對應分析 (detrended correspondence analysis, DCA) 初步測驗, 得出群聚變異梯度長度大於 2 標準偏差

(standard deviation), 顯示物種豐富度隨環境梯度呈非線性分布模式, 故宜選用典型對應分析法 (canonical correspondence analysis, CCA) 進行排序分析 (ter Braak, 1995;

表一 8 池沼樣區之高度、湖形、週長、面積與遮蔽度

Table 1. Elevation, shape, shoreline, surface, and cover at eight sampling sites in the Mt. Hohuan area

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8
Elevation (m)	3100	3100	3050	3100	3100	3000	3200	2900
Shape	Orbicular	Oblong	Branched	Oblong	Oblong	Orbicular	Oblong	Oblong
Shoreline (m)	45	46	36	34	34	32	100	200
Surface (m ²)	100	100	35	65	46	22	450	2000
Cover (%)	0	1	32	11	7	20	50	40

表二 8 池沼樣區水質比較 (abbr. 代表簡寫; mean ± SD, n = 4)

Table 2. Variables of water quality at eight sampling sites in the Mt. Hohuan area during the sampling period (abbr., abbreviation; mean ± standard deviation, n = 4)

Variables of water quality	abbr.	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8
Max. temperature (°C)	TMax	18.6±6.4	19.1±6.4	15.8±5.0	18.4±7.1	15.4±6.3	17.0±4.9	10.9±2.9	15.8±6.8
Min. temperature (°C)	TMin	6.7±3.8	5.3±2.2	6.8±3.2	5.8±4.0	7.6±4.7	7.0±2.3	4.3±2.8	8.6±6.7
Dissolved oxygen (mg/l)	DO	6.2±0.8	6.6±0.4	6.1±0.7	7.8±0.9	7.4±0.9	6.8±0.4	8.3±0.9	6.2±0.7
p H	p H	6.3±0.7	6.2±0.8	5.7±0.7	6.9±0.3	6.3±0.2	6.3±0.5	6.7±0.3	6.4±0.4
Conductivity (µS/cm)	Cond	6.2±2.2	6.0±2.1	5.6±1.8	134.4±34.0	11.5±2.0	6.5±1.9	74.0±15.4	8.5±2.0
Total dissolved solids (mg/l)	TDS	3±1	3±1	3±1	63±16	5±1	3±1	35±7	4±1
Total hardness (mg/l)	Hard	1.1±0.5	1.1±0.5	1.6±0.5	64.8±21.5	4.1±2.3	2.3±0.9	34.5±4.9	1.6±0.5
Total alkalinity (mg/l)	Alk	5.8±1.3	5.0±1.8	5.4±1.1	58.6±15.4	7.3±1.1	6.5±2.1	33.1±7.0	7.3±3.1
Ammonia (mg/l)	Ammo	0.23±0.07	0.20±0.05	0.20±0.06	0.06±0.03	0.11±0.03	0.14±0.05	0.02±0.01	0.21±0.11
Nitrite (µg/l)	Nitri	5±2	5±1	4±1	5±1	5±2	6±1	4±2	5±0
Nitrate (mg/l)	Nitra	0.6±0.1	0.7±0.1	0.7±0.1	0.5±0.3	0.7±0.2	0.7±0.4	0.3±0.4	0.7±0.1
Orthophosphate (mg/l)	Phos	0.06±0.08	0.06±0.06	0.05±0.05	0.05±0.04	0.06±0.05	0.03±0.01	0.05±0.02	0.08±0.04
Sulfate (mg/l)	Sulfa	0±0	0±0	0±0	5±8	0±1	0±0	0±1	1±2
Sulfide (µg/l)	Sulfi	6±2	4±3	4±3	3±2	3±4	3±1	2±1	2±1
Total phosphorus (mg/l)	TP	0.47±0.25	0.58±0.29	0.51±0.18	0.31±0.12	0.29±0.01	0.44±0.13	0.17±0.03	0.27±0.04
Total Kjeldahl nitrogen (mg/l)	TKN	2.19±0.86	2.70±0.72	2.60±0.71	2.08±0.00	2.19±0.40	2.50±0.90	1.66±0.68	1.87±0.42
Chemical oxygen demand (mg/l)	COD	26±12	30±14	29±9	19±19	22±17	25±18	3±3	11±3
Turbidity (FTU)	Tur	41±29	49±22	41±14	14±13	24±13	47±9	1±1	10±2
Suspended solids (mg/l)	SS	26.1±42.6	30.3±33.5	37.8±35.8	9.0±6.6	29.4±34.6	29.6±34.0	0.7±0.8	4.1±5.2

Shiu and Lee, 2003)。以上多變量分析主要使用 MVSP (Multivariate Statistical Package) 套裝軟體進行運算繪圖 (Kovach, 1999)。

結 果

池沼水質比較

表二為 8 個池沼 4 次水質調查值。8 個池沼整體呈現低水溫、溶氧充足而微酸性水質。導電度、總溶解固體、總硬度、總鹼度在 St. 4、St. 7 的含量遠高於其他 6 個池沼。氨氮亦以 Sts. 4、7 較低。亞硝酸鹽、硝酸鹽、正磷酸鹽、硫化物在各池間無明顯趨勢。比較特別是，St. 4 的硫酸鹽有較大幅度變動。總磷酸鹽、總凱氏氮、化學需氧量、濁度及懸浮固體

表三 8 池沼樣區底棲大型無脊椎動物的總調查量 (abbr. 表簡寫)

Table 3. Total number of individuals of benthic macroinvertebrates collected at eight sampling sites in the Mt. Hohuan area during the sampling period (abbr., abbreviation)

Taxa	abbr.	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8
Oligochaeta	Oc							463	178
Bivalvia									
<i>Pisidium casertanum</i>	Pi							3	782
Ephemeroptera									
<i>Cloeon</i> sp.	Cl								70
Odonata									
<i>Aeshna petalura taiyal</i>	Ae	11	7	25	23	12	3		8
Trichoptera									
<i>Asynarchus</i> sp.	As							16	
<i>Limnephilus alienus</i>	Li	111	102	24	114	7	13	76	91
<i>Oligotricha</i> sp.	Ol								3
Coleoptera									
<i>Agabus fulvipennis</i>	Ag	7	2	1	2	12	2	6	1
Diptera									
<i>Chironomus</i> sp.	Ch	5593	4409	2773	1569	2827	2887		1954
<i>Derotanypus</i> sp.	De				52		95		
<i>Dicrotendipes</i> sp.	Di								96
<i>Heterotrissocladius</i> sp.	He							49	
<i>Macropelopia</i> sp.	Ma				6			99	
<i>Micropsectra</i> sp.	Mi				109			179	
<i>Polypedilum</i> sp.	Po	1602	1159	359	36	510	5	1	239
<i>Procladius</i> sp.	Pr	542	465	512	531	825	11		978
<i>Stictochironomus</i> sp.	St							39	

在 Sts. 1~3、5 與 6 等 5 個池沼有較高含量。

底棲動物群聚特徵與水質生物指標

底棲大型無脊椎動物共採獲昆蟲綱 (Insecta)、貧毛綱 (Oligochaeta)、雙殼綱 (Bivalvia) 等 3 綱 7 目 8 科 17 種 (taxa) 32,686 隻。其中昆蟲綱雙翅目 (Diptera) 計 9 種，佔總種類數的 52.9%，毛翅目 (Trichoptera) 3 種 (7.6%)，貧毛綱、雙殼綱、蜉蝣目 (Ephemeroptera)、蜻蛉目 (Odonata)、鞘翅目 (Coleoptera) 皆 1 種 (各佔 5.9%)。就數量比較，雙翅目 30,511 隻最多，佔總隻數

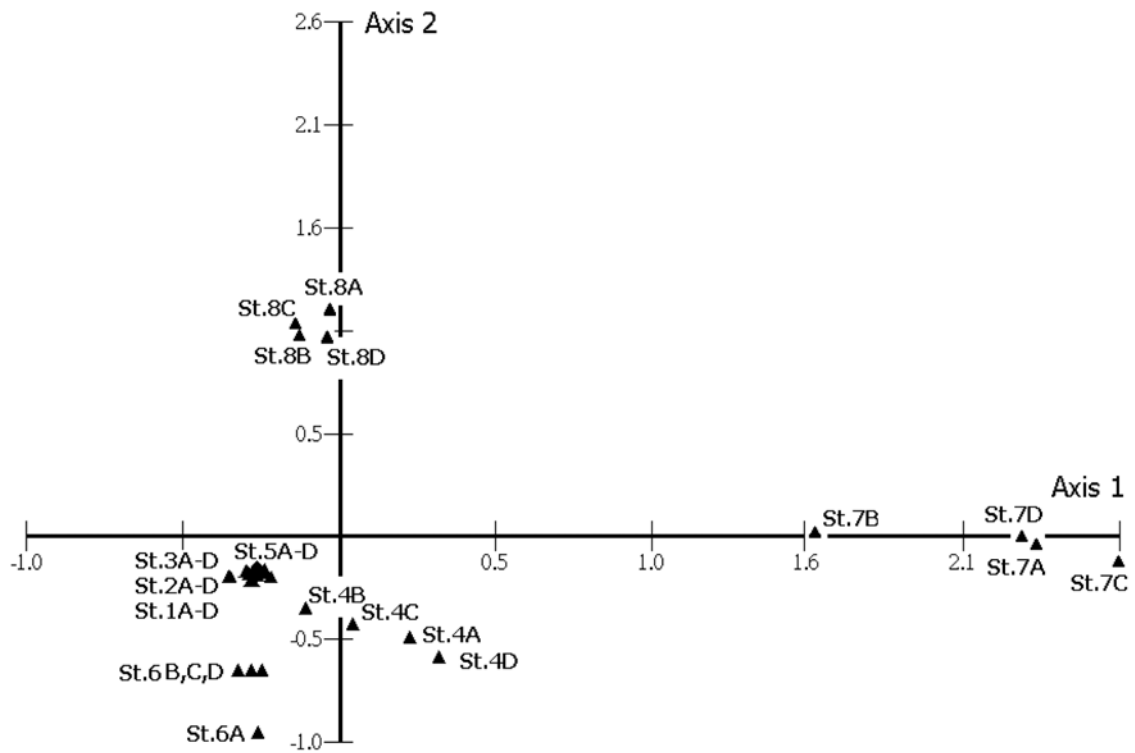
的 93.3%，雙殼綱 785 隻 (2.4%)，貧毛綱 641 隻 (2.0%)，毛翅目 557 隻 (1.7%)，蜻蛉目 89 隻 (0.3%)，蜉蝣目 70 隻 (0.2%)，鞘翅目 33 隻 (0.1%)。就各類而言，搖蚊科之搖蚊 (*Chironomus* sp.) 22,012 隻最多，素搖蚊 (*Polypedilum* sp.) 3911 隻次之，原搖蚊 (*Procladius* sp.) 3864 隻再次之，此三類佔總隻數的 91.1%。

表三為 8 個池沼底棲大型無脊椎動物總調查量，其中泰雅晏蜓 (*Aeshna petalura taiyal*)、奇異沼石蛾 (*Limnephilus alienus*)、豆龍蝨 (*Agabus fulvipennis*)、搖蚊

表四 8 池沼樣區底棲大型無脊椎動物種數、多樣性指數、均勻度指數、密度與北卡羅萊那生物指數 (NCBI) (mean \pm SD, $n = 4$)

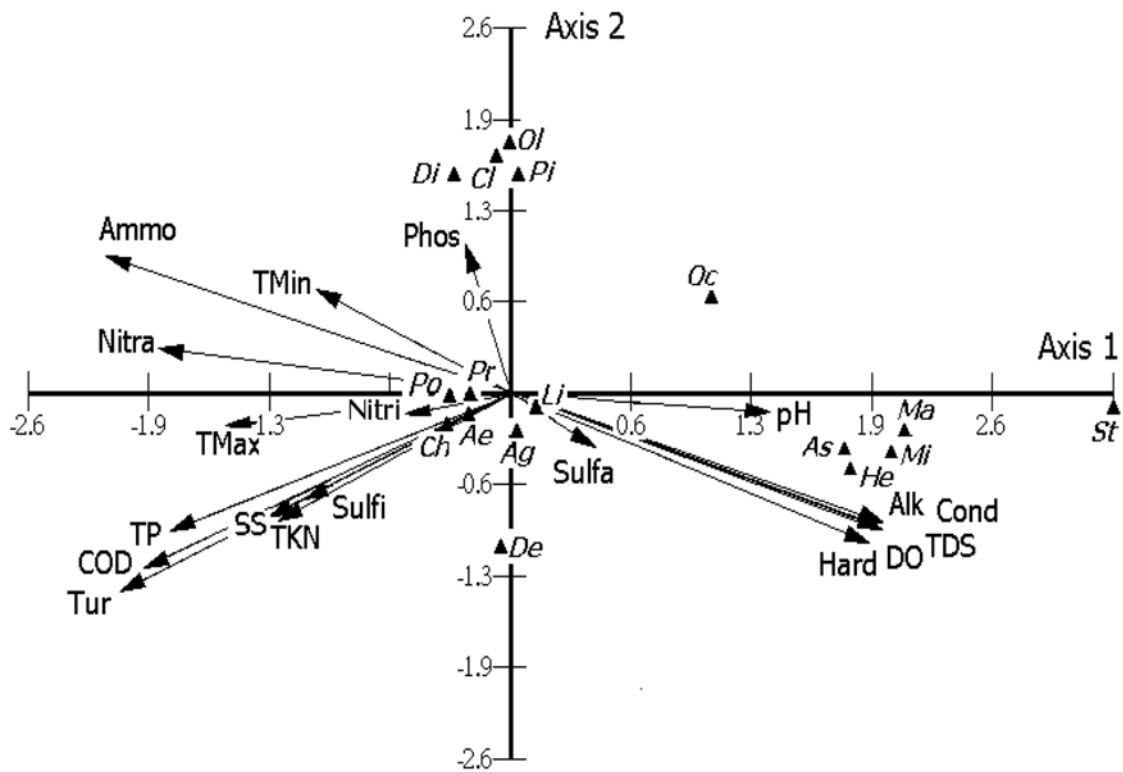
Table 4. Mean number of benthic macroinvertebrate taxa, diversity, evenness, density, and North Carolina biotic index (NCBI) at eight sampling sites in the Mt. Hohuan area during the sampling period (mean \pm standard deviation, $n = 4$)

Site	No. of taxa	Diversity (H)	Evenness (e)	Density (no./m ²)	NCBI
St. 1	5.5 \pm 0.58	0.36 \pm 0.10	0.48 \pm 0.12	15656.8 \pm 8286.1	9.13 \pm 0.31
St. 2	5.0 \pm 1.2	0.33 \pm 0.10	0.47 \pm 0.10	12229.3 \pm 4579.3	9.22 \pm 0.36
St. 3	5.2 \pm 0.5	0.34 \pm 0.08	0.48 \pm 0.13	7352.7 \pm 2972.2	9.43 \pm 0.15
St. 4	7.5 \pm 1.0	0.46 \pm 0.07	0.52 \pm 0.10	4860.6 \pm 4238.5	9.24 \pm 0.23
St. 5	5.5 \pm 1.0	0.35 \pm 0.11	0.48 \pm 0.11	8346.0 \pm 1212.5	9.34 \pm 0.26
St. 6	4.8 \pm 1.5	0.11 \pm 0.08	0.18 \pm 0.11	6003.2 \pm 4555.1	9.80 \pm 0.02
St. 7	6.0 \pm 1.8	0.48 \pm 0.16	0.62 \pm 0.11	1853.1 \pm 1573.3	4.00 \pm 1.56
St. 8	9.2 \pm 1.0	0.66 \pm 0.12	0.68 \pm 0.12	8758.0 \pm 3282.8	9.37 \pm 0.42



圖二 32 個樣本在 CCA 前 2 軸之分布排序圖 (三角形代表樣區, 大寫字母 A~D 為季節)。

Fig. 2. Ordination of 32 samples corresponding to the species composition of macroinvertebrates along the first two CCA axes (solid triangles, sampling sites; capital letters A-D, the four seasons of spring, summer, autumn, and winter, respectively).



圖三 17 種底棲動物對應於 19 項水質因子在 CCA 前 2 軸之分布排序圖 (水質以箭頭表示，實心三角形代表物種，水質與物種之簡寫見表二、三)。

Fig. 3. Ordination of 17 taxa of benthic macroinvertebrates corresponding to 19 water variables along the first two CCA axes (arrows, water variables; solid triangles, benthic macroinvertebrates; abbreviations of water variables and macroinvertebrates are given in Tables 2 and 3).

(*Chironomus* sp.)、素搖蚊 (*Polypedilum* sp.) 與原搖蚊 (*Procladius* sp.) 等 6 種分布於 7 個池沼以上，為本調查常見種類。貧毛綱、雙殼綱豌豆蜆 (*Pisidium casertanum*)、四節蜉蟬 (*Cloeon* sp.)、褐紋石蛾 (*Oligotricha* sp.)、亞沼石蛾 (*Asynarchus* sp.)、斑搖蚊 (*Stictochironomus* sp.)、小刺搖蚊 (*Micropsectra* sp.)、叉搖蚊 (*Dicrotendipes* sp.)、巨搖蚊 (*Macropelopia* sp.)、德搖蚊 (*Derotanyus* sp.) 與異搖蚊 (*Heterotrissocladius* sp.) 僅於 2 個池沼以下發現，為分布較少的種

類。

表四為各池沼底棲大型無脊椎動物種數、密度、多樣性指數、均勻度指數與北卡羅萊那生物指數。就種數、多樣性指數與均勻度指數而言，Sts. 4、7、8 有較高數值，St. 6 皆最低。密度方面，僅 St. 7 密度較低，北卡羅萊那生物指數亦僅 St. 7 屬於 5 級水質之第 1 等級，即優等水質 (excellent) 評價，其餘 7 個池沼皆屬於 NCBI 第 5 等級之劣等水質 (poor) 評價。

水質與底棲動物間的相互關係

典型對應分析法 (CCA) 得出前 4 個 CCA 軸分別解釋生物資料變異的 28.5%、18.2%、10.5%、6.4%，各軸生物與水質間相關係數為 0.93、0.91、0.78、0.78，故以前 2 軸表達生物資料仍屬合理，此 2 軸共解釋生物資料 46.7% 變異。圖二為 32 個樣本在前 2 軸之排序圖 (ordination diagram)。由同一池沼樣本在不同季節的排序分布頗為聚集，得知對生物資料而言，樣區因素較季節因素影響為大。由樣本在 CCA 前 2 軸聚集形式，池沼可歸類為 3 群 (groups)，第 1 群為位於第 1 軸右方之 St. 7，第 2 群為位於原點下方附近 Sts. 1~6 等 6 個湖沼，第 3 群為位於第 2 軸上方之 St. 8。

圖三為 17 個物種與 19 項水質在前 2 軸上之排序圖，箭頭表示水質變數，箭頭長短代表水質對生物影響的大小，箭頭方向則表示水質對生物的影響方向。CCA 第 1 軸右方物種，包括 *Stictochironomus* sp.、*Macropelopia* sp.、*Micropsectra* sp.、*Heterotrissocladius* sp.、*Asynarchus* sp.、*Oligochaeta*，呈現與溶氧量之正向關係及與氨氮、有機物之反向關係，判斷這些物種為棲息於溶氧充足且有機物及其分解產物較低水域，可視為水質要求高的種類。在其左方之 *Chironomus* sp.、*Polypedilum* sp.、*Procladius* sp.、*Aeshna petalura taiyal*、*Agabus fulvipennis*、*Limnephilus alienus* 與前述種類相反，為耐污力強的物種。位於 CCA 第 2 軸上方的物種，包括 *Pisidium casertanum*、*Oligotricha* sp.、*Cloeon* sp.、*Dicrotendipes* sp.，呈現與溶氧量及有機物弱的反向關係，及與氨氮弱的正向關係，判斷這些物種對低溶氧及氨氮具有耐受性，但對有機物則不若 *Chironomus* sp. 等耐污力強物種，故可稱為耐污力中等物種。

討 論

與前人高山湖泊底棲動物調查相比，Kano and Yosimura (1934) 於雪山地區詩崙池、新達池、翠池、下翠池、油婆蘭池、推論池等 6 個池沼調查到毛翅目、晏蜓屬、豆龍蝨屬、水黽屬 (*Gerris* sp.)、豌豆蜆屬、搖蚊屬等物種分布。Otsu *et al.* (1992) 報導七彩湖群有毛翅目縞紋石蛾科 *Phryganopsyche* sp. 及日本豆龍蝨 (*Agabus japonicus*) 幼蟲。Yen *et al.* (1998) 報導七彩湖群有泰雅晏蜓、毛翅目鱗石蛾科 (*Lepidostomatidae*) 與笠石蛾科 (*Molanidae*)、豆龍蝨、搖蚊科等動物。除水黽等無法以採樣筒採獲，及幼蟲分類尚不清楚的毛翅目外，本調查在科級及屬級的分類水平上與前人報導相近。顯示台灣高山湖沼寒冷且冬季有冰氣候，對多數動物並不適合，只有適應性種類才能生存，故底棲大型無脊椎動物相較單純而近似。

就湖沼水質而言，不同湖沼由於湖盆匯集的環境因素不一，水質也各有差異。雨水性質、地質背景、海水鹽沫、植被種類與人為活動是影響台灣湖泊水體化學組成主要原因 (Chen and Wang, 1997)。本調查 St. 4 為道路堰塞山泉所形成，St. 7 的西岸亦有泉水注入，可能泉水含較多礦物質，使導電度等與離子含量有關的水質指標與其他 6 個無泉水補注者明顯有別。Sts. 1~3、5、6 等 5 個池沼底質為腐植質，在夏、秋季常有大量有機碎屑懸浮水中，使懸浮固體等與有機物有關的水質較沙泥底質的 Sts. 4、7 與 8 為高。硫酸鹽在 St. 4 有較大變動的原因，可能是 11 月所進行水泥邊溝工程，水泥中的硫酸鹽匯入 St. 4 所致。

由於水質因子與底棲動物分布現象間常無法預先研判，且水質因子間又具有程度不等的交互作用，僅用少數水質特徵研判可能較不

適合，多變量分析之排序技術是近來漸被採用的方法 (Shieh *et al.*, 1999; Hsu and Yang, 2005)。由本研究 CCA 第 1 軸與溶氧量之正向關係及與氨氮、有機物之反向關係研判，此可代表有機物的消費與分解之異營性 (heterotrophy) 程度，即代表水體的腐水性質 (saprobity)。故分布在第 1 軸右方物種如 *Stictochironomus sp.* 等，為生存在有機物分解負荷較低之貧腐水物種 (oligosaprobic taxa)，所對應到 St. 7 可稱為貧腐水型池沼 (oligosaprobic pond)。在其左方之 *Chironomus sp.* 等為生存在有機物分解負荷較高的富腐水物種 (polysaprobic taxa)，Sts. 1~6 可稱為富腐水型池沼 (polysaprobic pond)。位於 CCA 第 2 軸上方的物種，包括 *Pisidium casertanum* 等，因對有機物的耐受力則不若 *Chironomus sp.* 等富腐水指標物種，故屬中腐水物種 (mesosaprobic taxa)，St. 8 可稱為中腐水型池沼 (mesosaprobic pond)。

本研究腐水指標物種與 NCBI 所列舉的物種耐受值 (tolerance value) 相比 (Lenat, 1993)，排序結果頗為一致。如貧腐水指標物種 *Micropsectra sp.*、*Heterotrissocladus sp.*、*Stictochironomus sp.* 之 NCBI 耐受值分別為 1.4、5.4、6.7，中腐水指標物種 *Pisidium casertanum*、*Cloeon sp.*、*Dicrotendipes sp.* 之 NCBI 耐受值分別為 6.8、7.4、7.9，富腐水指標物種 *Polypedilum sp.*、*Procladius sp.*、*Chironomus sp.* 之 NCBI 耐受值分別為 6.7、9.3、9.8。Lin and Chen (2003) 報導 *Aeshna petalura taiyal* 稚蟲耐污性頗強，在污濁水域成長速度較潔淨水域快，皆與本研究結果吻合。

由於水質採樣較簡便，過去高山湖泊的研究，這方面資料較充足。其中對鹼性離子與鹼

度不足所產生湖水變酸的湖沼酸化 (acidification)，以及有機腐植質 (humus) 堆積所帶來腐植化 (humification) 現象已有不少討論 (Kano and Yosimura, 1934; Otsu *et al.*, 1992; Hsu *et al.*, 1993; Lou *et al.*, 1994; Chen and Wang, 1997)。就湖沼酸化程度判斷，St.4 與 St.7 為離子量豐富且鹼度充足的非酸化池沼 (non-acidic pond)，Sts. 1~3、5、6、8 等則為礦物質缺乏且鹼度不足的酸化池沼 (acidic pond)。就湖沼有機腐植質含量來看，Sts. 1~3、5、6 之懸浮固體等與有機物有關的水質項目頗高，水色通常為黃褐到深褐色，接近一般稱為咖啡池或黑水塘的腐植型池沼 (humic pond)，Sts. 4、7 與 8 為有機物含量較低之非腐植型池沼 (non-humic pond)。

然而對於底棲大型動物而言，代表水質潔淨度的腐水性質可能更能解釋物種分布形式。如 St. 4 雖為非酸化且非腐植化池沼，但 St. 4 面積小且緊鄰道路臨時停車場，可能是人為污染影響，生物群聚反而接近 Sts. 1~3、5、6 等酸化且腐植化池沼。又如 St. 8 雖屬於酸化池沼，但因水中有機物含量較低，與其他酸化且腐植化池沼相比，有更豐富的中腐水指標物種，如 *Pisidium casertanum*、*Cloeon sp.*。雖然 St. 8 之 NCBI 亦屬劣等水質 (poor) 評價，這可能是本研究僅計算搖蚊科 NCBI 值，因不列入上述中腐水指標物種，故使水質有較差評價。後續可針對主要物種，試驗其對主要水質因子的耐受性，將可評估本研究歸納的適確性。

相較於大多數不易到達的高山湖泊，合歡山池沼群以交通、食宿方便以及池沼類型多樣，很適合後續相關研究。面積較大的 St. 7 合歡碧池與 St. 8 天巒池，因景觀秀麗及豌豆蜆等珍稀物種已獲得較多關注。但武嶺至大禹

嶺沿線的池沼，由於較不起眼，更需特別注意與保護。如何維護高山湖泊生態，監測湖沼環境變遷，依本研究結果顯示，底棲大型無脊椎動物種類較多、密度高、底棲型而易於採樣，且水質耐受性差異明顯，生活史也反映較長期環境狀況，很適合成為高山湖沼環境的生物指標。如能善加利用，對台灣高山湖泊保護監測將相當有幫助。

誌 謝

研究期間承蒙太魯閣國家公園管理處協助並准予採集，台灣自然史專家吳永華先生惠贈史料，兩位審稿委員費心指正並提供寶貴建議，僅此一併致謝。

引用文獻

- Asahina, S.** 1983. What is "*Aeshna petalura* Martin?" Tombo 26(1-4): 2-11.
- Chen, C. T. A., and B. J. Wang.** 1997. Lakes and Reservoirs in Taiwan. Bohaitang Cult. Co., Taipei. 504 pp. (in Chinese)
- Chen, C. T. A., J. Y. Lou, J. M. Lin, and C. C. Chen.** 1997. Sedimentation rates of lakes and Reservoirs in Taiwan. Oceanol. Limnol. Sin. 28: 624-631. (in Chinese)
- Hsu, B. S., B. J. Wang, and C. T. A. Chen.** 1993. Water quality, microorganisms and flora of the Rainbow Lake. Bull. Mar. Sci. Technol. 14: 82-94. (in Chinese)
- Hsu, C. B., and P. S. Yang.** 2005. Examining the relationship between aquatic insect assemblages and water variables by ordination techniques. Formosan Entomol. 25: 67-85.
- Kano, C., and S. Yosimura.** 1934. Introduction of higher mountain pools in the Tsukitaka mountain zone. Limnology 4: 54-65. (in Japanese)
- Kawai, T.** 1985. An Illustrated Book of Aquatic Insects of Japan. Tokai Univ. Press, Tokyo. 409 pp. (in Japanese)
- Kovach, W. L.** 1999. MVSP-a multivariate statistical package for Window, vers. 3.1. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, UK.
- Lenat, D. R.** 1993. A biotic index for the southeastern United States: derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality ratings. J. North Am. Benthol. Soc. 12: 279-290.
- Liew, P. M., and S. Y. Huang.** 1994. A 5000-year pollen record from Chitsai Lake, central Taiwan. Terr. Atmos. Ocean. Sci. 5: 411-419.
- Lin, S. C., and C. S. Chen.** 2004. Egg and larval developments of the Taiyal Darner *Aeshna petalura taiyal* Asahina (Odonata, Aeshnidae) at the Mt. Hohuan. Endem. Species Res. 6(1): 29-38. (in Chinese)
- Lou, J. Y., B. J. Wang, B. S. Hsu, and C. T. A. Chen.** 1994. Higher mountain lake in Taiwan, the primary research of Chiaming Lake. Great Nat. 44: 99-103. (in Chinese)
- Morse, J. C., L. Yang, and L. Tian.** 1994.

- Aquatic insects of China useful for monitoring water quality. Hohai Univ. Press, Nanjing, China. 570 pp.
- Otsu, T., C. S. Tzeng, J. L. Su, and G. Sato.** 1992. Notes on the limno- biological survey of the Lake Chitsai in the central Taiwan. *J. Taiwan Mus.* 35: 39-50.
- Shieh, S. H., B. C. Kondratieff, J. V. Ward, and D. A. Rice.** 1999. The relationship of macroinvertebrate assemblages to water chemistry in a polluted Colorado plains stream. *Arch. Hydrobiol.* 145: 405-421.
- Shiu, H. J., and P. F. Lee.** 2003. Influence of gradient length on community ordinations. *Taiwan J. For. Sci.* 18(3): 201-211. (in Chinese)
- ter Braack, C. J. F.** 1995. Ordination. pp. 91-173. *In:* R. H. G Jongman, C. J. F. ter Braak, and O. F. R. van Tongeren, eds. *Data Analysis in Community and Landscape Ecology.* Cambridge Univ. Press, Cambridge, England, UK.
- Wiederholm, T.** 1983. Chironomidae of the Holarctic region -- keys and diagnoses, part 1 larvae. *Entomol. Scand.* 19 (Suppl.): 1-457.
- Yen, Z. D., T. S. Chen, J. Z. Ho, and S. W. Chang.** 1998. Lake Chitsai, a higher mountain lake in Taiwan. *Sci. Mon.* 339: 218-223. (in Chinese)
- 收件日期：2006年2月22日
接受日期：2006年5月30日

Distribution of Benthic Macroinvertebrates in Mt. Hohuan Area Ponds, Central Taiwan

Sue-Cheng Lin* Division of Zoology, Endemic Species Research Institute, No. 1 Min-Sheng E. Rd., Chichi, Nantou 552, Taiwan

Ser-Her Shieh Department of Ecology, Providence University, 200 Chungchi Rd., Shalu, Taichung 433, Taiwan

Ping-Shih Yang Department of Entomology, National Taiwan University, No. 1 Sec. 4 Roosevelt Rd., Taipei 106, Taiwan

ABSTRACT

This study was conducted to survey water quality and benthic macroinvertebrates at eight ponds in the Mt. Hohuan area in 2001. In total, 32,686 specimens of benthic macroinvertebrates belonging to three classes, seven orders, eight families, and 17 taxa were collected. These taxa included nine taxa of Diptera, three taxa of Tricoptera, and one taxon for each group of the Oligochaeta, Bivalvia, Ephemeroptera, Odonata, and Coleoptera. Diptera were the most abundant taxa, and they accounted for 93.3% of individuals. The relationships between water quality and benthic macroinvertebrates were assessed by canonical correspondence analysis (CCA). The first two CCA axes explained about 46.7% of the variance in the macroinvertebrate assemblages. Based on the ordination on the first two CCA axes, the plots were divided into three groups. Benthic macroinvertebrates at site 7 corresponded to intolerant taxa, and site 7 was classified into an oligosaprobic pond typology. Sites 1-6 had benthic macroinvertebrates belonging to tolerant taxa, and were classified as a polysaprobic pond typology. Site 8 contained taxa that had medium tolerance to poor water quality, and was determined to have a mesosaprobic pond typology.

Key words: Mt. Hohuan, pond, water quality, benthic macroinvertebrates