

九孔苗池之底棲矽藻的分離與鑑定

蘇惠美^{1*} · 張銀戀¹ · 鄭伊惠² · 王淑欣¹ · 陳紫嫻¹

¹行政院農業委員會水產試驗所東港生技研究中心

²國立屏東科技大學水產養殖系

摘 要

底棲矽藻是九孔育苗時不可或缺的餌料生物，餌藻的質與量，影響苗之生長與活存。傳統以附板上自然發生的藻膜，作為九孔苗的食物，其餌料品質難以控制。本研究自養殖池分離可能適合九孔苗之底棲矽藻，加以保種及鑑定，以供後續增殖條件及餌藻效益之探討。在解剖顯微鏡下利用毛細管分離法，挑出藻細胞，逐步純化後成為單株藻種。以洋菜斜面及液體繼代培養作種原保存，共分離 12 種藻株。分離之單株矽藻分別以光學顯微鏡及掃描式電子顯微鏡觀察。依據色素體、細胞形狀及細胞殼的微細構造等，鑑定種名。鑑定至種名的 8 藻株為：潛艇曲殼藻 (*Achnanthes submarina*)、巴拉曲殼藻 (*Achnanthes parvula*)、扁圓卵形藻多孔變種 (*Cocconeis placentula* var. *euglypta*)、馬氏舟形藻 (*Navicula margalithii*)、簡單雙眉藻 (*Amphora exigua*)、穀皮菱形藻 (*Nitzschia palea*)、反轉菱形藻 (*Nitzschia lorenziana* var. *incerta*) 及翼繭形藻 (*Entomoneis alata*)；其他 4 藻株鑑定到屬，其中 *Achnanthes* sp. 一株及 *Seminavis* spp. 三株。

關鍵詞：底棲矽藻、種原保存、形態、分類

前 言

台灣的九孔 (*Haliotis diversicolor*) 養殖，已有 30 餘年的歷史，不僅養殖技術領先世界，並已建立國內外行銷網，對於繁榮漁村經濟，功不可沒。但從 2001 年開始，發生人工繁殖幼苗在附板後 9 ~ 22 天，陸續白化脫落，活存率不到 1%，九孔苗年產量由 2.3 億粒，產值約 4.4 億元 (漁業署, 2002)，減少至 2 千萬粒，產值僅 9 千萬元 (漁業署, 2006)。

病變發生後，研究人員由細菌 (Lee *et al.*, 2001; 李等, 2003)、病毒 (張, 2003)、水質 (楊等, 2003) 與鮑苗攝食餌藻 (沈與趙, 2003; 陳, 2004; 楊, 2004) 等方向著手調查，發現九孔苗死亡的可能因素有：(1) 種貝年齡不足；(2) 受精卵品質不佳；(3) 浪板上藻類量不足或種類改變；以及 (4) 溶藻弧菌

或病毒性疾病等。根據周 (2003) 調查 2001 ~ 2002 年宜蘭九孔繁殖場之附著性藻類均生長良好，但不同繁殖場、不同季節出現的附著性藻類品系及數量有差異，發現有些矽藻種類並不適合九孔幼苗的生長。何等 (2003) 指出台東地區繁殖浪板上藻類生長不良，導致九孔苗營養不良，因而降低其對細菌或病毒之抵抗力，且若種苗附著數量太高，在藻類生長不佳的情況下，可能產生餌料供應不足以及種苗成長緩慢瘦弱等問題。楊等 (2003) 認為南部地區九孔繁殖成效不佳與水質、細菌、藻類和病毒等皆有相關。

鮑苗之繁殖傳統上以在附苗板上自然附著的生物，作為鮑幼苗的食物，這樣的生產模式在藻種類別及品質上無法加以控制 (Kawamura *et al.*, 1998b)，也就是不是科學的養殖法。近年來，國內外學者利用養殖的藻類，探討其對鮑苗的影響，顯示不同的矽藻種類品系會影響鮑苗之附著、攝食狀況與成長 (Kawamura *et al.*, 1998a, b; Gallardo and Buen, 2003; 楊, 2004; 陳, 2004; Gordon *et al.*, 2004; 蘇等, 2006; Chen, 2007)。

*通訊作者 / 屏東縣東港鎮豐漁里 67 號, TEL: (08) 832-4121; FAX: (02) 832-0234; E-mail: hmsu@mail.tfrin.gov.tw

矽藻約有 700 多屬 (Round *et al.*, 1990), 近 20 萬種 (Mann and Droop, 1996)。種類繁多外, 地理分佈與形態分類研究歷史也悠久, 加上有些矽藻細胞極小, 產生許多同種異名的種類, 對其藻種的鑑定是一項極具挑戰的工作。但如前所述, 同屬不同種的矽藻對鮑苗之育成就有影響, 因此, 為解決九孔苗生產上所遭遇的餌藻問題, 我們自養殖池分離底棲矽藻, 加以保種, 建立生產技術, 並進行九孔苗餌料效益試驗 (蘇等, 2006)。本研究乃針對分離保種的矽藻, 以光學及電子顯微鏡觀察形態, 依據色素體、細胞形狀及細胞殼的微細構造等鑑定種名, 並就近似種加以討論, 以供後續以合適的藻種來育成九孔幼苗。

材料與方法

一、底棲矽藻分離

取業者九孔育苗池及本中心養殖池中, 自然長出之底棲矽藻群聚, 在解剖顯微鏡下利用毛細管分離法, 挑出單株藻細胞, 先培養於培養皿, 置於室溫; 再經數次分離後, 移植於試管成為單株藻種; 培養液為 *f/2* 或 *Walne* (Walne, 1974; Guillard, 1975; Laing, 1991), 以洋菜斜面及液體繼代培養作種原保存。

二、藻細胞觀察

(一) 活體藻細胞

分離所得藻株以 100 ml 三角瓶, 使用 *f/2* 培養液, 於 25 °C、90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ 、14 L/10 D 條件下, 進行培養, 至對數增殖晚期, 取藻細胞, 進行形態觀察。

(二) 矽藻細胞殼處理

藻細胞以離心機 (KUBOTA KN-70, 2500 rpm) 離心 15 分鐘, 移棄上清液。加入適量 H_2SO_4 (依細胞數量多寡而定), 於酒精燈下加熱, 至所有藻細胞之有機物被分解而轉為黑褐色後 (必須注意溫度過高會使濃硫酸突然沸騰而噴出), 移開火源。1 ~ 2 分鐘後, 加入適量之 KNO_3 , 此時會有褐色氣體 (SO_2) 產生, 繼續加熱至褐色氣體消失為止

(整個流程於抽氣櫃中進行)。待試管溫度下降後離心 (2500 rpm, 25 分鐘), 吸棄上層液; 以去離子水充份震盪均勻後, 離心, 重覆三次, 將粉末中殘留之硫酸洗淨。最後會得到純白色的粉末, 為矽藻之細胞殼, 加入少許蒸餾水, 保存於微量離心管中。

(三) 光學顯微鏡 (Light Microscope; LM) 觀察

以干涉位相差 (differential interference contrast; DIC) 顯微鏡, 在 100 倍物鏡 (plan100/1.25 oil DIC 油鏡), 搭配 10 倍的目鏡下, 觀察活體藻細胞及酸洗細胞殼形態, 並拍攝, 記錄大小。

(四) 掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope; SEM) 觀察

觀察前直接取保存之矽藻細胞殼樣品, 滴於蓋玻片上, 以恒溫加熱板乾燥, 於真空噴射鍍膜金儀鍍膜, 然後置入掃描式電子顯微鏡 (TOPCON, ABT-150S, 成大貴儀中心), 以加速電壓 20 KV 觀察並照相。

三、矽藻鑑定與分類

矽藻屬與種鑑定的特徵有: 細胞形狀、大小、色素體數目及排列、蛋白核粒有無等一般形態, 細胞殼的微細構造, 有性生殖方式及生態棲所等。參考 Cupp (1943)、Patrick and Reimer (1966, 1975)、Li (1976, 1978)、Krammer and Lange-Bertalot (1985)、Simonsen (1987)、Lange-Bertalot and Krammer (1989)、Round *et al.* (1990)、Sabater *et al.* (1990)、Vyverman (1991)、賴 (1996)、Hartley (1996)、高野 (1997)、Hasle and Syvertsen (1997)、Lai (2001)、Lange-Bertalot (2001) 及 www.algaebase.org 之圖鑑與文獻, 以細胞殼條紋之排列及脊溝有無, 首先將 12 種底棲矽藻區分為 7 屬, 再進一步根據殼蓋形狀, 條紋之密度、形態及排列, 中帶之有無及形態, 軸區形態, 條紋上穿孔的排列, 中心結之有無及形態, 龍骨之位置, 脊溝相對位置等, 進行種之區別與同種異名之認定 (www.algaebase.org)。

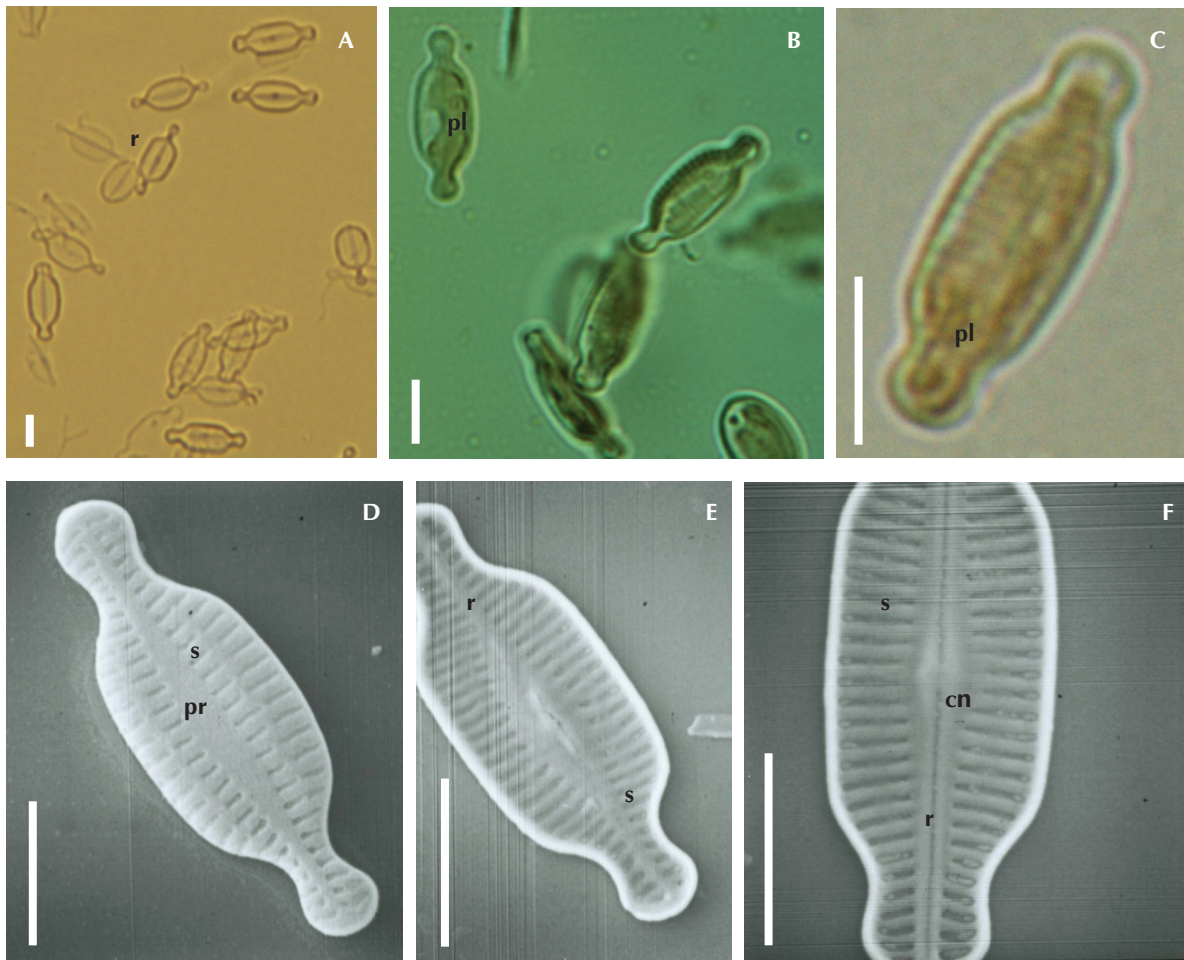


Fig. 1 *Achnanthes submarina*. (A) Acid-cleaned cells with raphe valve (LM); (B, C) Living cells with plastid (pl) (LM); (D) Pseudoraphe valve (SEM); (E, F) Raphe valve (SEM). Fine structure of valve: central nodule (cn), pseudoraphe (pr), raphe (r), striae (s). Scale bars = 5 μm .

結 果

一、分離、鑑定與分類結果

本研究共分離 12 株底棲矽藻，已鑑定至種名的 8 株，僅鑑定到屬的 4 株，包括曲殼藻屬之潛艇曲殼藻 (*Achnanthes submarina*)、巴拉曲殼藻 (*A. parvula*) 及曲殼藻未知種 (*Achnanthes* sp.)，卵形藻屬之扁圓卵形藻多孔變種 (*Cocconeis placentula* var. *euglypta*)，舟形藻屬之馬氏舟形藻 (*Navicula margalithii*)，半舟形藻屬 (*Seminavis* spp.) 之 3 株未鑑定出種名(可能為同一種)，雙眉藻屬之簡單雙眉藻 (*Amphora exigua*)，菱形藻屬之反轉菱形藻 (*Nitzschia lorenziana* var. *incerta*) 及穀皮菱形藻 (*N. palea*)，以及繭形藻屬之翼繭形藻 (*Entomoneis alata*)。這 12 株底棲矽藻均有

脊溝，在分類上屬矽藻綱 Bacillariophyceae (有脊溝、條紋羽狀) 5 個目下的 7 個屬 (Round *et al.*, 1990)。

二、矽藻形態

(一) 曲殼藻屬 (*Achnanthes*)

1. 潛艇曲殼藻 (*Achnanthes submarina* Hustedt) (Fig. 1)

圖片文獻：Simonsen (1987): p. 435, pl. 652/12-24; Lange-Bertalot and Krammer (1989): p. 146; p. 252, pl. 43/21-29; Lange-Bertalot (2001): p. 96, pl. 51/17-18。

同種異名與圖片文獻：*Achnanthes biceps* Hustedt. Simonsen (1987): p. 455, pl. 680/9-11;

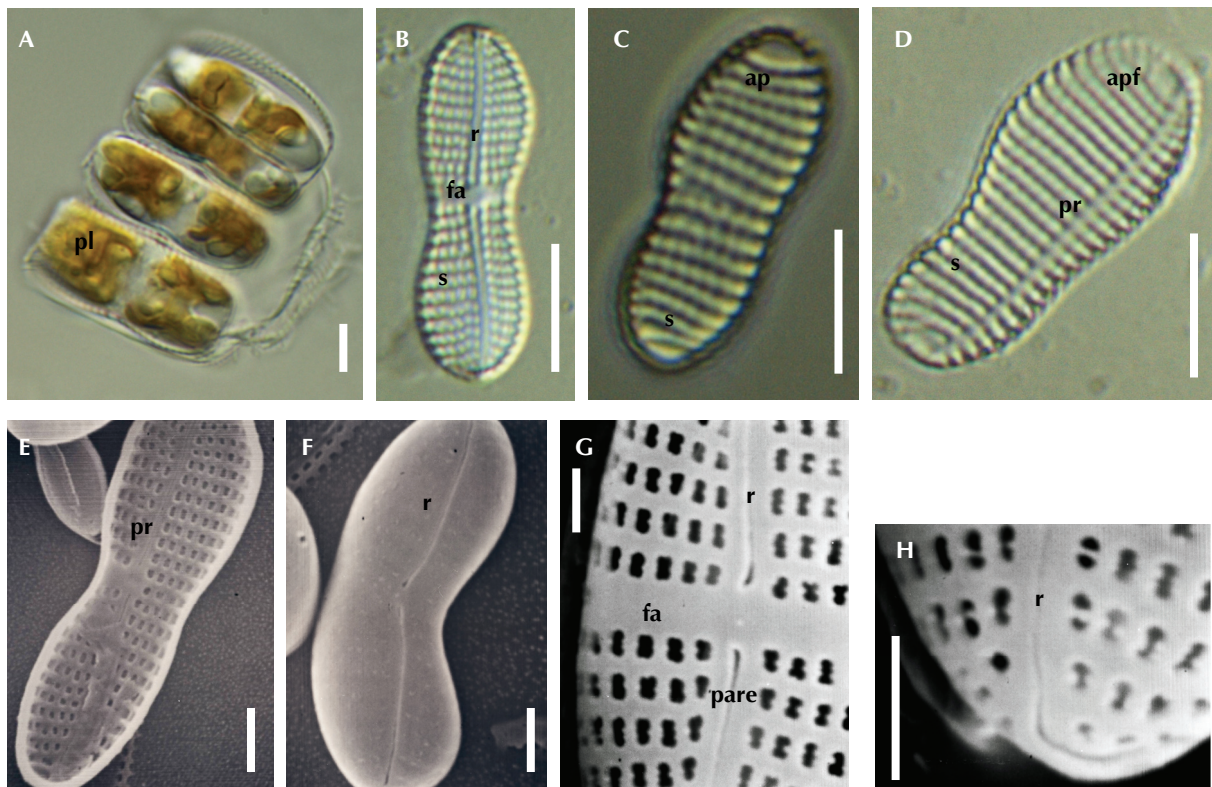


Fig. 2 *Achnanthes parvula*. (A) Living cells in girdle view with plastid (pl) (LM); (B) Acid-cleaned raphe valve (LM); (C, D) Acid-cleaned pseudoraphe valve (LM); (E) pseudoraphe valve (SEM); (F - H) Raphe valve (SEM). Fine structure of valve: apical pore field (apf), fascia (fa), poroid areola (pare), pseudoraphe (pr), raphe (r), striae (s). Scale bars = 5 μm , except G, H = 2 μm .

Lange-Bertalot and Krammer (1989): p. 30; 高野 (1997): p.209, p.253, fig. 110。

細胞單一 (Fig. 1A ~ D)，兩端乳頭狀凸出，殼蓋長 10.8 ~ 16 μm 寬 4.0 ~ 6.4 μm ，為本屬小型種，需用 SEM 來鑑定。活體藻細胞具兩個色素體 (plastids)，呈盤狀，內有蛋白核粒 (pyrenoid)。無脊溝殼蓋 (Fig. 1D) 之軸區 (又稱偽脊溝 pseudoraphe) 中央略寬，至兩端狹窄；條紋 (striae) 23 條，由無紋區分隔為二列孔紋，平行對稱。有脊溝殼蓋 (Fig. 1E ~ F) 軸區中央稍加寬，脊溝 (raphe) 直，達殼緣，具中心結 (central nodule)，無中帶，條紋 31 條，呈長孔狀未中斷，平行對稱。

本種廣泛分佈於半鹹水及海水水域，日本渥美灣、地中海均有記錄。日本曾進行大量培養試驗作為黑鮑幼苗餌料 (山田與高野, 1987)。

2. 巴拉曲殼藻 (*Achnanthes parvula* Kützing) (Fig. 2)

圖片文獻：Lange-Bertalot and Krammer (1989): p. 192, pl. 13/1-8; p. 194, pl. 14/1-2; Hartley (1996): p. 30, pl. 7/3; Lange-Bertalot (2001): p. 528, pl. 43/6-7; p. 534, pl. 46/6-8; p. 536, pl. 47/9。

同種異名：*Achnanthes brevipes* var. *parvula* (Kützing) Cleve。

近似種與圖片文獻：*Achnanthes brevipes* Agardh. Lange-Bertalot and Krammer (1989): p. 184, pl. 9/1-4; p.186, pl. 10/1-2; p. 188, pl. 11/1; Hartley (1996): p. 18, pl. 1/9-11. *Achnanthes brevipes* var. *brevipes*. Li (1978): p. 792; p.804, pl. 7, fig. 4; Lange-Bertalot and Krammer (1989): p. 190, pl. 12/2-3; p. 366, pl. 100, fig. 1; Lange-Bertalot (2001): p. 532, pl. 45, fig. 1-12。

藻類細胞單一或形成短鏈 (Fig. 2A)，活體藻細胞具兩個盤狀色素體，對稱分佈在細胞的兩端，殼中間微內凹 (Fig. 2B, F)，呈長橢圓狀，長 14.6 ~ 20 μm ，寬 4.1 ~ 8.0 μm 。無脊溝殼蓋 (Fig. 2C ~ E) 之

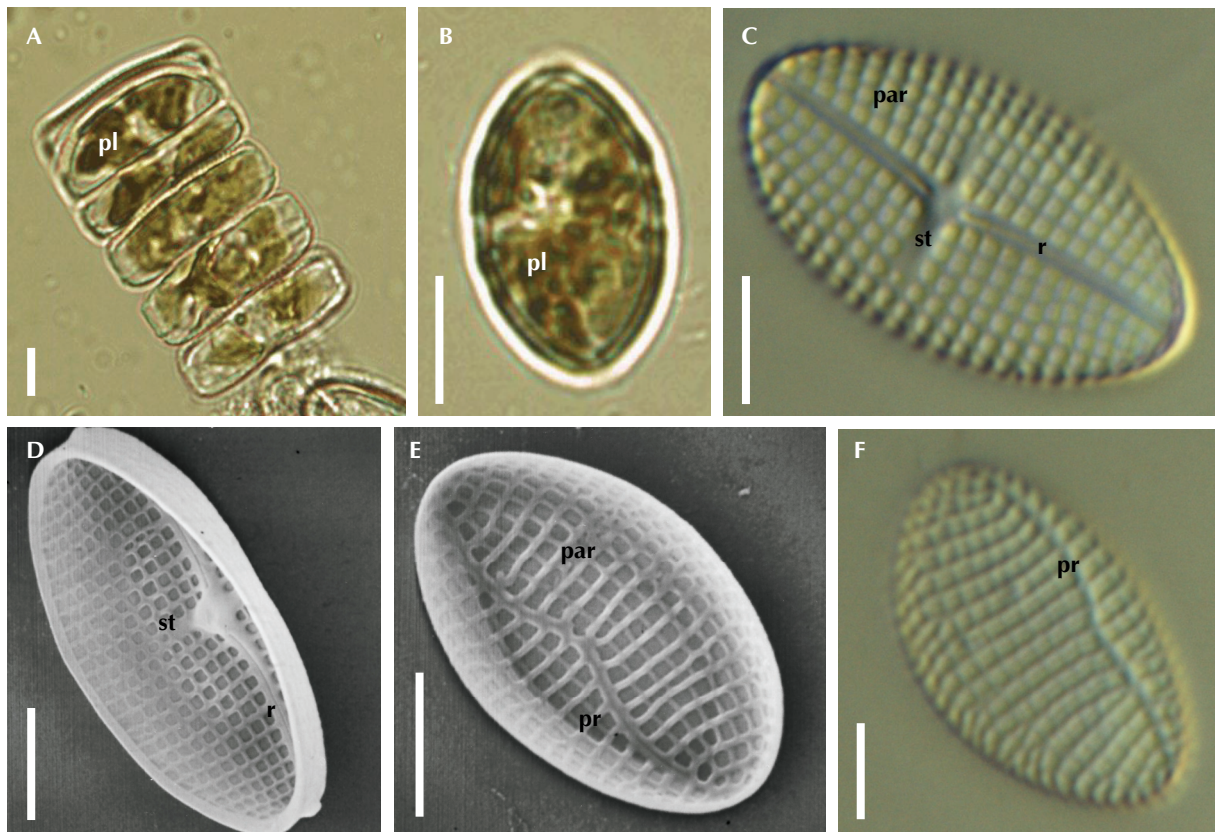


Fig. 3 *Achnanthes* sp. (A) Living cells with plastid (pl) in girdle view (LM); (B) Living cell in valve view (LM); (C, D) Raphe valve (SEM); (E, F) Pseudoraphe valve (SEM). Fine structure of valve : poroid areola (pare), pseudoraphe (pr), raphe (r), stauros (st). Scale bars = 5 μ m.

偽脊溝呈直狀，偏於一側，單列條紋呈平行對稱，每 10 μ m 約有 12 ~ 14 條，孔室 (poroid aerola，又稱孔紋) 直徑 0.27 ~ 0.46 μ m (Fig. 2G ~ H)，兩殼頂端具一小環狀孔 (orbiculus)，另稱頂端孔域 (apical pore field)，其構造與孔紋不一樣。有脊溝殼蓋 (Fig. 2B, F~ H) 脊溝呈直狀，但在末端細長彎曲 (Fig. 2H)；沿脊溝之軸區與橫向之中帶 (fascia) (Fig. 2B, G)，形成十字交叉的無紋區，軸區與中帶同寬。

巴拉曲殼藻與短柄曲殼藻 (*Achnanthes brevipes* var. *intermedia*) 之差異，在於後者之條紋較粗，每 10 μ m 約有 7 ~ 10 條，脊溝中度或稍微彎，兩殼頂端不具小環狀孔。而短柄曲殼藻與其變種 *A. brevipes* var. *brevipes* 之差別則在於，變種細胞殼之頂端具一角突構造 (Lange-Bertalot and Krammer, 1989: p. 366, pl. 100, Fig. 1)。

巴拉曲殼藻為臺灣曾文溪河口及四草紅樹林濕地優勢底棲矽藻類之一 (Lai, 2001; Lai and

Wang, 2004)，短柄曲殼藻變種則在臺灣沿岸水域少量出現 (Li, 1978)。

3. 曲殼藻類 (*Achnanthes* sp.) (Fig. 3)

圖片文獻：Round (1990): p. 502-503。

藻類細胞成短柄相連狀 (Fig. 3A)，殼蓋呈橢圓形 (Fig. 3B)，長 12.4 ~ 19.6 μ m，寬 8.0 ~ 9.7 μ m。無脊溝殼蓋 (Fig. 3E ~ F) 之偽脊溝窄，單列條紋呈平行對稱，每 10 μ m 約有 14 條。有脊溝殼蓋 (Fig. 3C ~ D) 之脊溝直、末端細長彎曲；沿脊溝之軸區與橫向無紋區同寬，後者短且未延伸至殼緣 (Fig. 3C ~ D) 與軸區形成十字結；單列條紋呈平行對稱，每 10 μ m 約有 14 條。本種之脊溝、偽脊溝及條紋構造與巴拉曲殼藻相似，但細胞較小、較呈橢圓，有十字結 (stauros)，可加以區別。因相關文獻不足，無法鑑定其種名。

(二) 卵形藻屬 (*Cocconeis*)

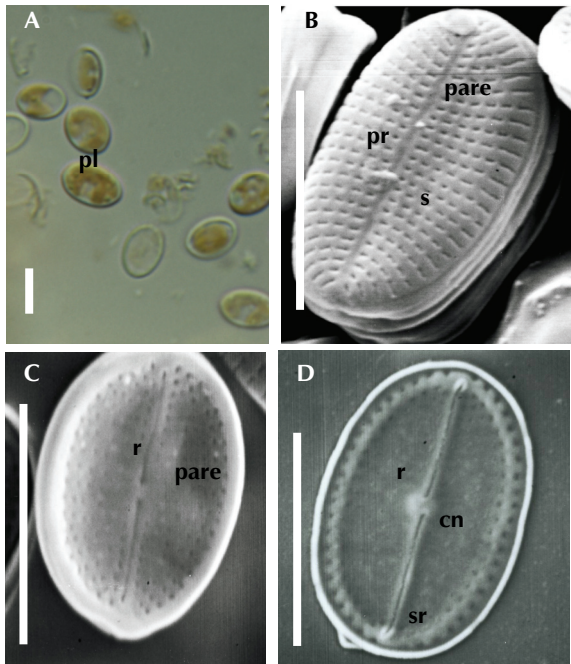


Fig. 4 *Cocconeis placentula* var. *euglypta*. (A) Living cells with plastid (pl)(LM); (B) Pseudoraphe valve (SEM); (C, D) Raphe valve (SEM). Fine structure of valve: central nodule (cn), pseudoraphe (pr), poroid areola (pare), raphe (r), silica rim (sr), striae (s). Scal bars = 5 μ m.

扁圓卵形藻多孔變種 (*Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenberg) Cleve) (Fig. 4)

圖片文獻：Patrick and Reimer (1966): p. 284, pl. 15/8; Li (1976): p. 57; p. 58, pl. 2, fig. 4; Lange-Bertalot and Krammer (1989): p. 182, pl. 8/5; Vyverman (1991): p. 54; 賴 (1996): p. 77, fig. 28, 57; Lai (2001): p. 119, pl. 2; Hartley (1996): p. 122, fig. 7-8; 高野 (1997): p. 210, fig. 115。

近似種與圖片文獻：扁圓卵形藻 (*Cocconeis placentula* Ehrenberg). Lange-Bertalot and Krammer (1989): p. 180, pl. 7/1-5; p. 182, pl. 8/1, 3, 4; Vyverman (1991): p. 53; Hartley (1996): p. 122, pl. 53/4-6. 扁圓卵形藻扁圓變種 (*Cocconeis placentula* var. *placentula* Ehrenberg). Patrick and Reimer (1966): p. 240; p. 284, pl. 15/7; Lange-Bertalot and Krammer (1989): p. 182, pl. 8/6. 扁圓卵形藻線形變種 (*Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Cleve). Patrick and Reimer (1966): p. 242; p. 284, pl. 15/5-6; Li (1976): p. 56, pl.

1, fig. 8; p. 57; Vyverman (1991): p. 54, pl. 23/1; Hartley (1996): p. 122, pl. 53/9. 盾卵形藻 (*Cocconeis scutellum* Ehrenberg). Li (1978): p. 803, pl. 6, fig. 3; Lange-Bertalot and Krammer (1989): p. 168, fig. 2; p. 174, pl. 1/1-5; p. 176, pl. 5/5; Vyverman (1991): p. 54, pl. 23/2; Hartley (1996): p. 126, pl. 55/1-10。

藻類細胞單一，呈橢圓盤狀，殼蓋與殼環淺薄，觀察到的常為殼蓋面 (Fig. 4A ~ D)。藻細胞有一個色素體，平鋪散佈於殼蓋內 (Fig. 4A)。細胞殼橢圓形，長 5.1 ~ 7.2 μ m，寬 3.6 ~ 4.8 μ m，高 2 μ m，長寬比 1.41 ~ 1.53，較台灣曾文溪河口 (長 26 μ m) (Lai, 2001) 中部山澗河川 (長 12 ~ 26 μ m，寬 9 ~ 14 μ m) (李, 1976; 賴, 1996) 及日本沿岸地區發生 (長 10 ~ 70 μ m，寬 8 ~ 40 μ m) 的同一變種小。由於矽藻分裂的特性，同一種細胞的大小相差極大，因此無法以細胞大小作為分類的依據 (Round *et al.*, 1990)。

兩殼蓋構造差異大 (Fig. 4B, D)，有脊溝殼蓋較不凸出，殼緣有一圈無紋的矽質突起 (silica rim)，脊溝會分泌黏液而附著於基質上，因此其條紋花樣較不易觀察到，條紋單列，孔紋為圓形小孔，每 10 μ m 約 50 條 (Fig. 4C, D)。脊溝直線形，位於中央，達殼頂之末梢構造簡單，從殼外看為直線 (Fig. 4C)，從殼內看彎向相反的方向 (Fig. 4D)。無脊溝殼蓋之偽脊溝形狀與脊溝相似，但稍寬；條紋單列，孔紋為裂隙狀小孔，在殼蓋中央平行對稱，至兩殼頂漸彎曲，每 10 μ m 約有 43 ~ 45 條 (Fig. 4B)。

多孔變種與其它變種間的差異，在於其無脊溝殼蓋上條紋之排列與構造。多孔變種與線形變種的條紋均較粗、孔紋為裂隙狀小孔、點紋間空隙較大；而扁圓變種則條紋較細小、孔紋為圓形小孔、點紋間空隙較小；前二者的差異則在於多孔變種細胞的長寬比例較大，點紋間的空隙較寬。

扁圓卵形藻多孔變種與黑鮑苗優良食物之盾卵形藻變種 (Kawamura and Takami, 1995) 也極為相似。盾卵形藻之偽脊溝較粗，條紋粗、孔紋為圓形或四角形小孔 (Lange-Bertalot, 2001)，曾在澎湖沿岸海水中發現，細胞長 21 ~ 30 μ m、寬 13 ~ 20 μ m (Li, 1976)。楊 (2004) 報告上的盾卵形藻微尖變種 (*Cocconeis scutellum* var. *minutissima* Grunow) 與 Chen (2007) 的盾卵形藻，其 SEM 照

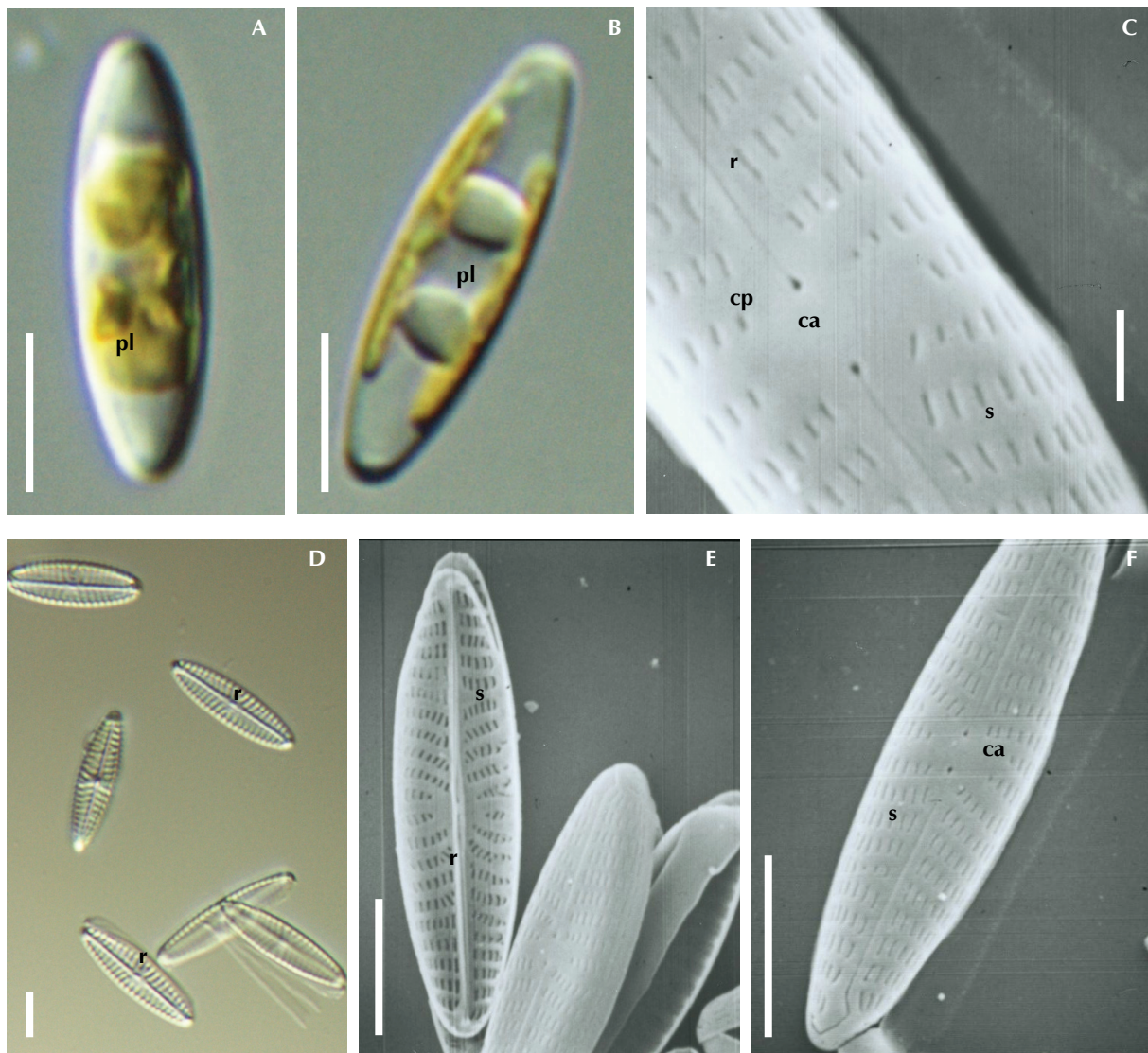


Fig. 5 *Navicula margalithii*. (A, B) Living cell with plastid (pl) (LM); (C) Central part of valve (SEM); (D) Acid-cleaned valve (LM); (E) Inter side of valve (SEM); (F) Outer side of valve (SEM). Fine structure of valve: central area (ca), central pores (cp), raphe (r), striae (s). Scale bars = 5 μm, except C = 1 μm.

片條紋構造與李 (1976)、賴 (1996)、Lai (2001) 及本研究之扁圓卵形藻多孔變種相同，無脊溝殼蓋之孔紋為裂隙狀小孔，而與 Li (1978) 之盾卵形藻的圓形狀孔紋不一樣。

扁圓卵形藻多孔變種為臺灣曾文溪河口及四草紅樹林濕地優勢底棲矽藻類之一 (Lai, 2001; Lai and Wang, 2004)，也常見於日本沿岸 (高野, 1997)；但又是台灣河川底棲矽藻中卵形藻屬之代表種 (賴, 1996)，曾在台灣中部南投、花蓮山澗出現，不夠量少 (Li, 1976)。

(三) 舟形藻屬 (*Navicula*)

馬氏舟形藻 (*Navicula margalithii* Lange-Bertalot) (Fig. 5)

圖片文獻：Krammer & Lange-Bertalot (1985): p. 164, pl. 17/1-3; p. 186, pl. 28/1-4; Hartley (1996): p. 314, pl. 149/5; Lai (2001): p. 132, Fig. 59-62。

藻類細胞單獨存在，殼面披針線形 (linear-lanceolate) 至線形，兩端鈍圓狀 (Fig. 5A, B, D)，長 13 ~ 18 μm，寬 3.3 ~ 4.8 μm，有兩個色素

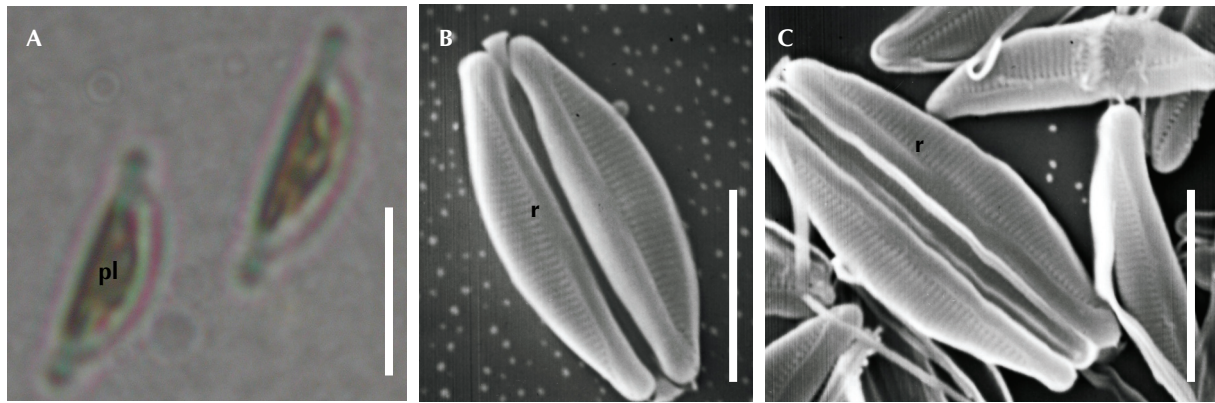


Fig. 6 *Seminavis* sp. (A) Living cells with plastid (pl) (LM); (B, C) Valve view with raphe (r) (SEM). Scale bars = 5 μm .

體，相對橫臥在兩個殼蓋 (Fig. 5B)。較常觀察到的是殼蓋面，其脊溝直線狀至頂端呈鉤狀 (Fig. 5F)；軸區窄細，圍脊溝沒有錐形 (conopeum) 軸板；中央區 (central area) 細小且很不對稱 (Fig. 5C, F)，短於半殼寬，此特異的中央區，可與其他近似種加以區別；中心孔構造簡單，位於中心結內 (Fig. 5C)。單列條紋在中央區呈放射狀，三分之一區呈平行狀，在末端則呈聚合狀 (Fig. 5E ~ F)，每 10 μm 有 16 ~ 19 條紋。在殼面排成橫列的條紋 (Fig. 5D) 容易在光學顯微鏡下觀察到，而在電子顯微鏡下則可觀察到條紋乃由細長線形假孔構成，從殼內 (Fig. 5E) 與殼外 (Fig. 5F) 看圖案稍有不同。

馬氏舟形藻在本中心養殖的海藻及設施上，以及九孔苗業者浪板上，常易自然大量滋生，也是臺灣曾文溪河口及四草紅樹林濕地優勢底棲矽藻類之一 (Lai, 2001; Lai and Wang, 2004)。

(四) 半舟形藻屬 (*Seminavis*)

半舟形藻類 (*Seminavis* sp.) (Fig. 6)

圖片文獻：Round (1990): p. 572-573; Danielidis and Mann (2002): p. 429-448。

半舟形藻屬細胞的軸區不對稱，有腹側及背側 (Fig. 6A)，有些種類在外形上與雙眉藻屬極相似，常造成分類錯誤，例如已有百年記錄的 *Amphora angusta*, *A. ventricosa* 及 *A. macilenta*，僅第一種為雙眉藻屬，後二種則為半舟形藻屬 (Danielidis and Mann, 2002)。半舟形藻屬細胞，其色素體的形態，蛋白質核的構造、排列與分裂方式，以及脊溝構造、殼紋和殼環帶元素等特徵，

均與舟形藻屬相同，而與雙眉藻屬不同，最近才設為新屬 (Round *et al.*, 1990)。二屬主要的差異在於，當細胞核分裂形成新殼面時，其軸板兩側增生的矽質膜不一樣，因此舟形藻屬的軸區呈對稱、殼面為舟形狀 (naviculoid)，而半舟形藻屬的軸區則不對稱，殼面的背側寬、腹側窄，如雙耳狀 (amphoroid) (Danielidis and Mann, 2002)。

本研究所分離的三種半舟形藻，其形態特徵大多相同，如細胞殼呈月眉狀、條紋單列呈平直狀、軸區不對稱，可能為同一種，因此只列出一種的形態 (Fig. 6A ~ C)。藻類細胞的殼蓋面呈半橢圓狀，腹側平直或稍彎曲，背側凸出，均勻彎曲，無殼套，兩頂端呈鈍型，長 6.3 ~ 9.6 μm ，寬 1.7 ~ 1.9 μm ，殼蓋背側寬 0.7 ~ 1.3 μm 。單列條紋平行，易觀察到，每 10 μm 約有 57 ~ 65 條；但細胞極小，就是用電子顯微鏡，其脊溝、中心孔及中心區仍不易觀察到。Danielidis and Mann (2002) 也指出本屬的條紋容易被矽質膜阻塞，不易觀察到，三種半舟形藻 *S. robusta*、*S. macilenta* 與 *S. ventricosa* 之鑑定，僅能以軸區型態、條紋密度，以及中心結是否膨大來區別。目前收集到有關本屬之圖鑑及說明僅有 Danielidis and Mann (2002) 乙文，本研究所分離的三種半舟形藻，其形態與前文所述不盡相同，故僅能鑑定到屬名。

(五) 雙眉藻屬 (*Amphora*)

簡單雙眉藻 (*Amphora exigua* Gregory) (Fig. 7)

圖片文獻：Li (1978): p. 795; p. 810, pl. 13, fig. 7; Hartley (1996): p. 52, pl. 18/4-5; Lange-Bertalot (2001): p. 764, pl. 161/15-17。

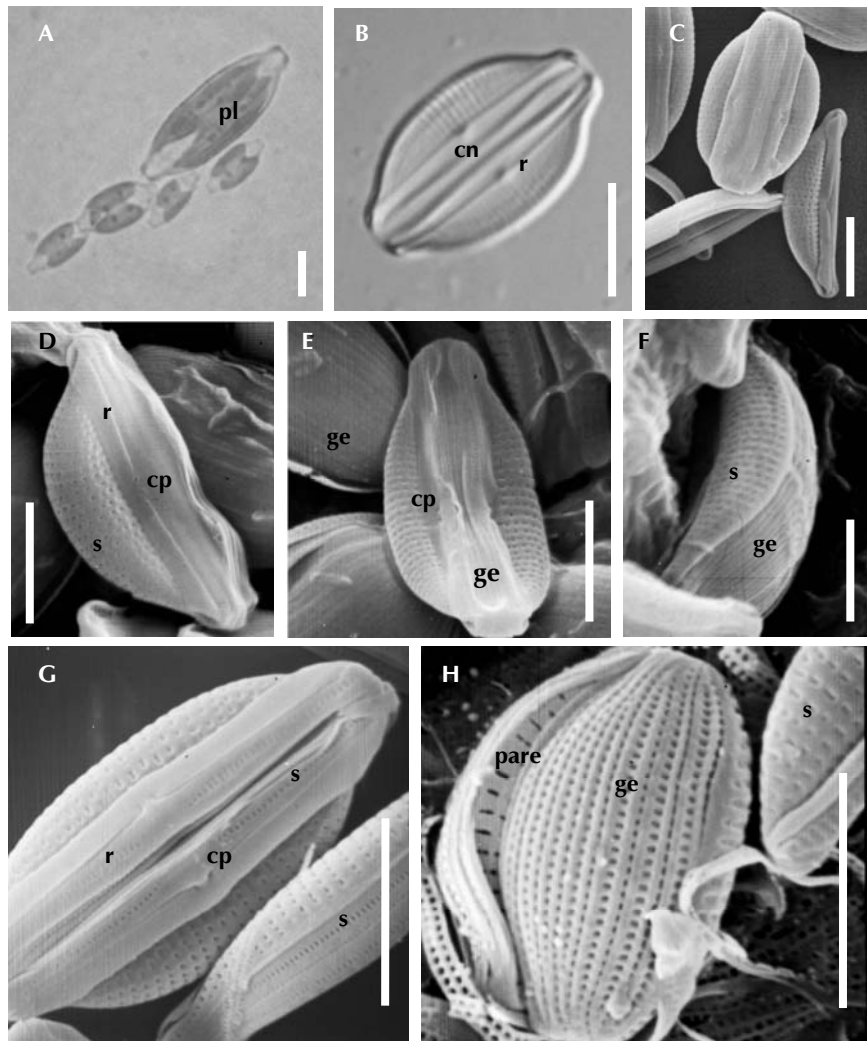


Fig. 7 *Amphora exigua*. (A) Living cells with plastid (pl) (LM); (B) Acid-cleaned cell (LM); (C – E, G) Cells in girdle and valve view (SEM); (F) Valve and girdle elements (SEM); (H) Dorsal view of girdle elements (SEM). Fine structure of valve : central nodule (cn), central pores (cp), girdle elements (ge), poroid areola (pare), raphe (r), striae (s). Scale bars = 5 μ m.

近似種與圖片文獻：*Amphora coffeaeformis* (C.A. Agardh) kutzing var. *coffeaeformis*. Vyverman (1991): p. 39, pl. 49/1-3; Hartley (1996): p. 48, pl. 16/6; 高野 (1997): p. 211; p. 254, fig. 118. *Amphora coffeaeformis* (Agardh) kutzing. Patrick and Reimer (1975): p. 78, pl. 14, fig. 11-12; Lange-Bertalot (2001): p. 133, pl. 161/21-25. *Amphora subholsatica* Krammer. Lange-Bertalot (2001): p. 152; p. 764, pl. 161/18-19; p. 782, pl. 170/24; p. 786, pl. 172/3. *Amphora pseudoholsatica* Nagumo and Kobayasi. Lange-Bertalot (2001): p. 148; p. 764, pl. 161/5-6。

藻類細胞單獨存在，常看到的是其殼環面 (Fig. 7A, B)，形狀像兩端呈鈍狀的橄欖球，二個殼蓋之脊溝可在同一平面上觀察到 (Fig. 7B ~ E, G)。細胞殼蓋長為 8.8 ~ 16.1 μ m，背側殼蓋寬 2.1 ~ 3.3 μ m；殼環寬為 6.7 ~ 8.8 μ m。有二個色素體，

在殼蓋相連成 H 形 (Fig. 7A)。單一殼蓋呈新月型 (Fig. 7D ~ F)，左右不對稱，在中央微凹陷，其頂端呈喙形，腹側殼套比背側淺 (Fig. 7C)。殼蓋背側的單列條紋，中央呈平行狀，頂端呈輻射狀，每 10 μ m 約有 26 ~ 30 條；而腹側的單列條紋則短而密，每 10 μ m 約有 68 條 (Fig. 7G)。脊溝軸板在脊溝背側延展成錐形突出 (Fig. 7D, E, G)。脊溝靠近殼蓋的腹緣，軸區窄，二中心孔相對，無中心區 (Fig. 7G)。殼環帶上有許多連接帶 (girdle elements)，每片在背側的寬、在腹側的窄，其上有多孔狀條紋 (Fig. 7F, H)。

本種與近似種的分佈範圍相同，藻種之區別需從殼環面、殼蓋、脊溝及中心孔等加以比較；最大的差異為簡單雙眉藻的中心孔相對遠離，無中心區，其他種則其中心孔微彎，且在腹側有中心區。近似種中，*A. coffeaeformis* 的殼環帶上有許

多的連接片，其上有如虛線狀的細條紋；*A. Pseudoholsatica* 的中心區呈半圓形，背側條紋為斑點狀，因此可將這二種與 *A. subholsaticax* 區別出來。

本種廣泛分佈於半鹹水及鹹水，在澎湖沿岸海水發生的數量中等，長 24 ~ 26 μm 寬 5 ~ 6 μm (Li, 1978)，也常見於臺灣南部九孔苗池中。陳 (2004) 文中報告的舟形藻可能是本種，由於缺乏 SEM 照片無法確認。

(六) 菱形藻屬 (*Nitzschia*)

1. 反轉菱形藻 (*Nitzschia lorenziana* var. *incerta* Grunow) (Fig. 8)

同種異名與圖片文獻：*Nitzschia reversa* Smith, *Nitzschia longissima* var. *reversa* Grunow. Vyverman (1991): p. 155, pl. 62, fig. 6-7; Lange-Bertalot (2001): p. 402, pl. 210, fig. 26-27。

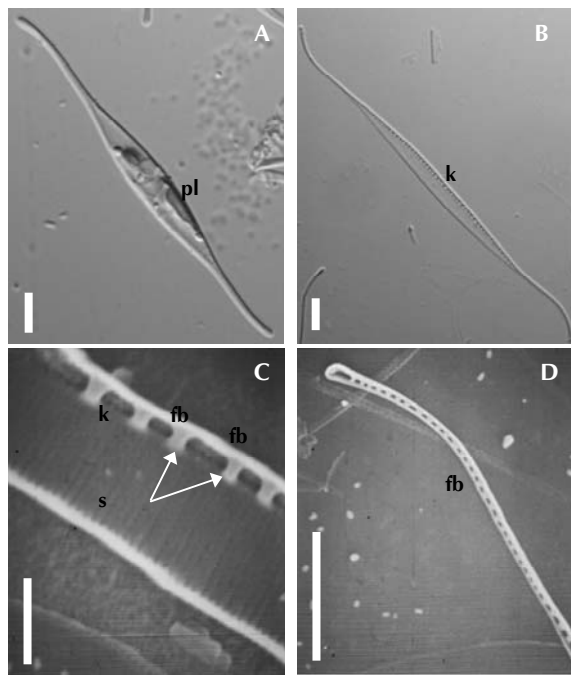


Fig. 8 *Nitzschia lorenziana* var. *incerta*. (A) Living cell with plastid (pl) (LM); (B) Acid-cleaned cell (LM); (C) Central part of valve showing central fibulae (arrow) (SEM); (D) Apical apex (SEM). Fine structure of valve: fibulae (fb), keel (k), striae (s). Scale bar 5 μm (A, B, D) or 2 μm (C).

近似種與圖片文獻：洛倫菱形藻 (*Nitzschia lorenziana*). Vyverman (1991): p. 152, pl. 62, fig. 8; Hartley (1996): p. 390, pl. 187, fig. 1; Lange-Bertalot (2001): p. 392, pl. 210, fig. 24-25, pl. 211, fig. 3, pl. 212, fig. 1-3. 長菱形藻 (*Nitzschia longissima*). Lange-Bertalot (2001): p. 391, pl. 207, fig. 6-7. 新月菱形藻 (*Nitzschia closterium* Smith). Hartley (1996): p. 380, pl. 290, fig. 3. 新月細柱藻 (*Cylindrotheca closterium* Lewin & Reimann). Li (1978): p. 796; p. 811, pl. 14, fig. 5; Lange-Bertalot (2001): p. 374; p. 866, pl. 212, fig. 4-6。

藻類細胞單獨存在，具兩個色素體，對稱呈環繞狀 (Fig. 8A)。細胞殼呈線狀矛尖形，二頂端急縮成長喙狀，彎向不同方向 (Fig. 8B)，長 73.9 ~ 80.1 μm ，寬 2.8 ~ 3.2 μm 。由龍骨 (keel) 與間板 (fibula) 組成的管狀脊溝位於殼面的一側 (Fig. 8B, C)，間板距離均勻 (0.48 ~ 0.72 μm)，中央二片 (箭頭處) 相隔較遠 (0.96 μm) (Fig. 8C)。殼蓋上之條紋在光學顯微鏡上不易觀察，在電子顯微鏡下穩約可見。

近似種長菱形藻細胞較大、頂端長喙更長，間板距離不一樣，具中心結節，條紋在光學顯微鏡上也不易觀察，為海水種類。最早，以細胞殼扭曲作為細柱藻 (*Cylindrotheca*) 屬重要的分類特徵，但是，菱形藻中某些種類的細胞殼也會扭曲，故在分類研究中菱形藻屬與細柱藻屬常有誤判的情形，造成分類上的困難。1964 年，Bernhard (Round *et al.*, 1990) 發現菱形藻屬細胞之橫切面為管形，而細柱藻屬為圓形，因此得以將兩屬更清楚劃分。Round *et al.* (1990) 更進一步指出，細柱藻屬殼壁矽質較少，整個細胞殼扭曲 (新月細柱藻 *C. closterium* 僅在殼兩端扭曲)，其間板構造與殼環等特徵，可用來與菱形藻屬作區隔。Hasle and Syvertsen (1997) 則指出新月細柱藻與反轉菱形藻之區別為：前者殼蓋二頂端尖長扭曲，如新月般彎向同一方向，很少呈直線形或彎向相反方向，細胞壁矽質少，殼環帶細條紋多，細胞鮮少單一，通常群聚為海洋浮游種，廣泛分佈於半鹹水及海水區，極少發生於內陸鹹水區等特徵。不過 Lange-Bertalot (2001) 仍然將細柱藻屬歸納於菱形藻屬，認為 *N. closterium* 與 *C. closterium* 為同種異名。

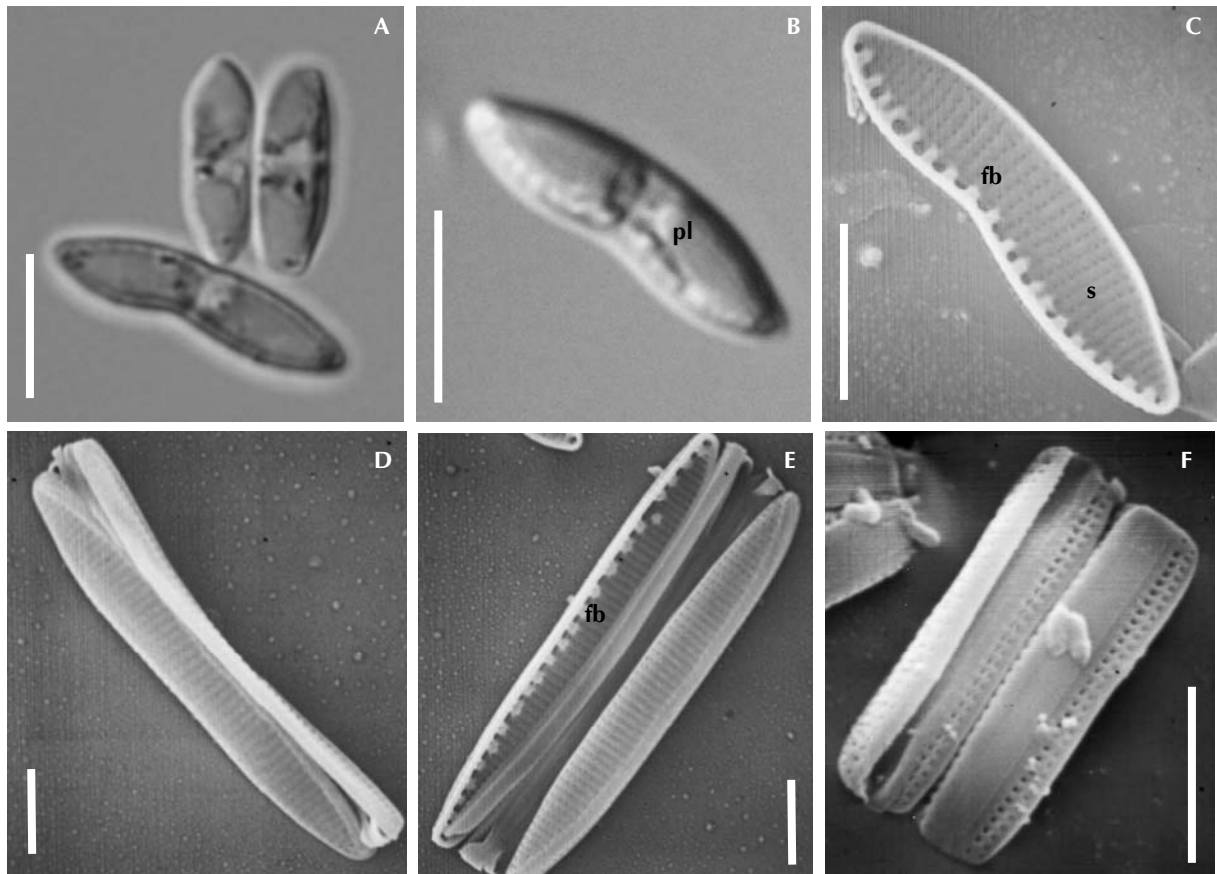


Fig. 9 *Nitzschia palea*. (A, B) Living cells with plastid (pl) (LM); (C - E) Acid-cleaned valves (SEM); (F) Girdle view (SEM). Fine structure of valve: fibulae (fb), striae (s). Scale bar = 5 μm .

反轉菱形藻廣泛分佈於內陸及沿海鹹水區，在南部九孔苗池有時會成為優勢種，有些養殖業者則指出，要維持九孔苗池中持續有此藻種存在。而新月細柱藻曾在花蓮以海洋深層水培育九孔苗的浪板上，於附苗初期大量孳生（蘇，未發表），且育苗成果佳；也曾在澎湖沿岸海水中大量發生或以優勢種出現（Li, 1978）。Kawamura *et al.* (1995) 報導細胞壁薄容易破裂流出藻內容物的新月細柱藻，以及附著力強而易為齒舌刮破的長曲殼藻 (*Achnanthes longipe*)、短柄曲殼藻及盾卵形藻等三種單脊溝矽藻，均為 1 ~ 2 mm 鮑苗的優良食物。

2. 穀皮菱形藻 (*Nitzschia palea* (Kützinger) Smith) (Fig. 9)

圖片文獻：Sabater *et al.* (1990): p. 186, pl. 2-3; Vyverman (1991): p. 153, pl. 65, fig. 9, pl. 148, fig. 4, pl. 149, fig. 3, pl. 202, fig. 4, pl. 203, fig. 1&3; 賴

(1996): p. 192, pl. 41; Hartley (1996): p. 392, pl. 188 fig. 2。

藻體單獨或二個細胞相連，具有兩個色素體 (Fig. 9A, B)。殼蓋 (Fig. 9A ~ E) 平直呈線形至披針形，兩端頂軸區域逐漸狹窄至尖型，有時出現 S 形細胞殼 (Fig. 9A ~ C) 長 8.8 ~ 20.8 μm ，殼蓋寬 1.7 ~ 2.4 μm ，殼環 (Fig. 9F) 寬 2.4 ~ 2.5 μm 。單列條紋平行，每 10 μm 約 26 ~ 28 條 (Fig. 9C ~ E)。管狀脊溝偏於殼面一側，沒有明顯的中央間板 (Fig. 9C, E)，間板距離均勻，約 0.90 ~ 0.77 μm 。穀皮菱形藻發生於台灣中南部河川的中下游，有時成為優勢種（賴, 1996），其變種種類多，在世界各地廣泛分佈。

(七) 繭形藻屬 (*Entomoneis*)

1. 翼繭形藻 (*Entomoneis alata* Ehrenberg) (Fig. 10)

圖片文獻：Patrick and Reimer (1975): p. 10, pl.

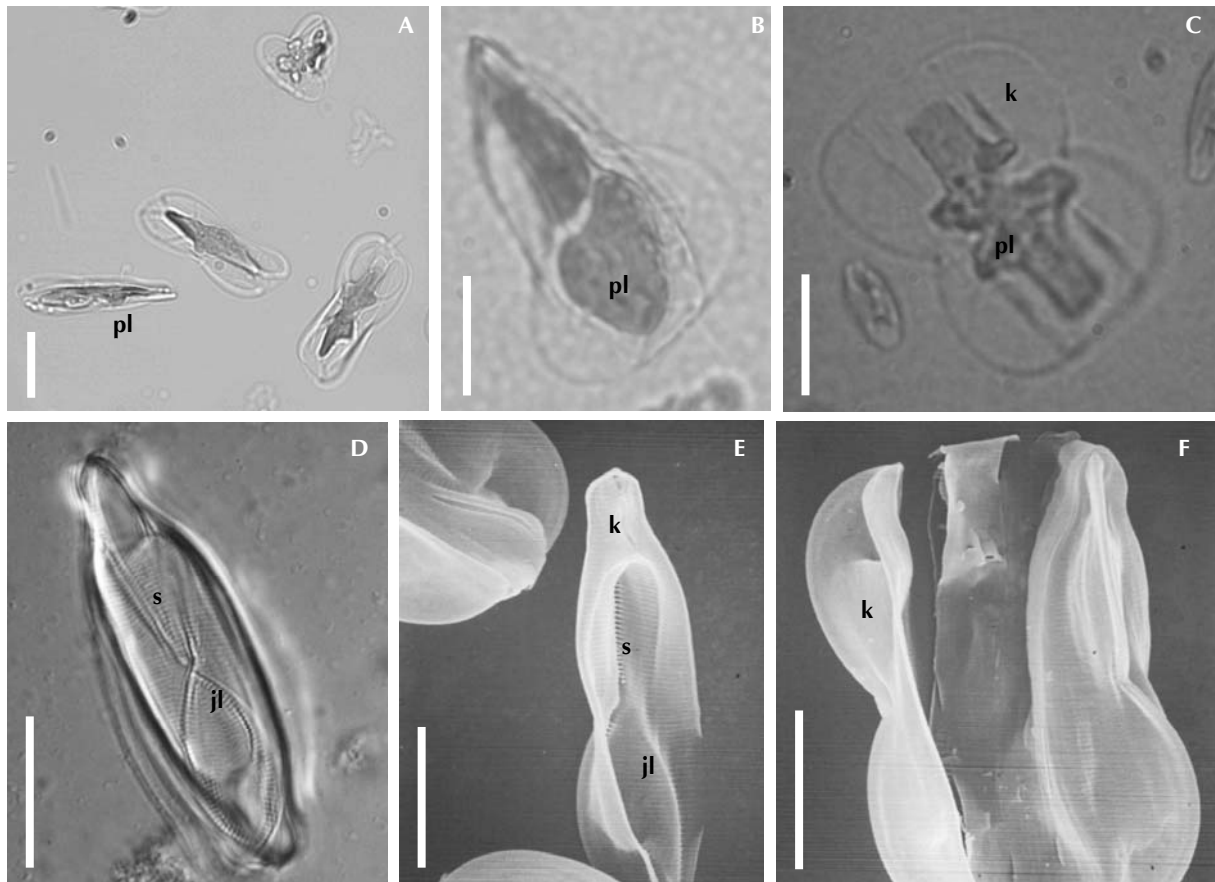


Fig. 10 *Entomoneis alata*. (A - C) Living cells with plastid (pl) (LM); (D) Acid-cleaned valve (LM); (E) Valve view (SEM); (F) Girdle view (SEM). Fine structure of valve: junction line (jl), keel (k), striae (s). Scale bar = 15 μm .

1, fig. 2; Round *et al.* (1990): p. 632-633; Hartley (1996): p. 40, pl. 12 fig. 3-4; Lange-Bertalot (2001): p. 660, pl. 109, fig. 23.

同種異名與圖片文獻：*Amphiprora alata* Kützing. Li (1978): p. 795; p. 810, pl. 13, fig. 1。

近似種與圖片文獻：*Entomoneis ornata* (Bailey) Reim. Patrick and Reimer (1975): p. 10, pl. 1, fig. 3; Hartley (1996): p. 42, pl. 13, fig. 1。

藻類細胞有 2 個色素體，呈樹枝狀分佈於殼中央 (Fig. 10A ~ C)，殼長 41 ~ 56 μm ，寬 15 ~ 31 μm 。上下兩殼蓋呈對角線排列之翼形龍骨 (k) 在同一平面上 (Fig. 10C, F)，而同一殼蓋之兩翼形龍骨則在不同平面 (Fig. 10B)，因而細胞呈現多種形狀，像小提琴 (Fig. 10B)、中央內凹長方形 (Fig. 10A, C, F)、船形 (Fig. 10D, E)。殼蓋面 (Fig. 10D, E) 呈線形至矛尖形，殼緣微凸，頂端楔形，連接線 (junction line) 8 字形 (Fig. 10D, E)，條紋纖細呈平行排列。連接線又稱分隔線 (separation

line)，為本屬特殊構造，連接殼蓋與龍骨，為一平滑曲線，偶而在近末端成角度。

繭形藻屬中藻種之區別，以殼蓋及翼形龍骨之條紋、連接線之形態做比較，如近似種 *E. ornata* 與本種之主要差異為，前者之連接線曲折，本種則平滑 (Patrick and Reimer, 1975)。

本種廣泛分佈於半鹹水域，為台灣南部常出現於九孔育苗池及魚塢之優勢種，在澎湖沿岸發生數量中等 (Li, 1978)。

謝辭

本研究承行政院農業委員會 94 農科-14.2.2-水-A1(2) 經費補助，嘉南藥理大學生物科技系賴雪端教授在分類文獻及細胞殼酸洗技術之提供，中央研究院生物多樣性研究中心吳俊宗研究員在種類鑑定及德文文獻翻譯之協助，特此致謝。

參考文獻

- 山田收, 高野秀昭 (1987) 寒天を用いた付着性珪藻の大量培養. 東海水研報, 121: 29-34.
- 沈士新, 趙文榮 (2003) 附著板上附著性藻類對九孔幼苗之附苗及成長效應之探討. 九孔種苗生產及病害防治 (丁雲源, 楊鴻禧編), 水產試驗所特刊第1號, 31-40.
- 何源興, 陳哲明, 陳文義 (2003) 在不同用水處理及給餌條件下九孔種苗生產效果之比較試驗. 九孔種苗生產及病害防治 (丁雲源, 楊鴻禧編), 水產試驗所特刊第1號, 57-62.
- 李國誥, 劉秉忠, 黃之暘, 吳韋毅 (2003) 養殖九孔細菌性疾調調查研究. 九孔種苗生產及病害防治 (丁雲源, 楊鴻禧編), 水產試驗所特刊第1號, 25-30.
- 周賢鏘 (2003) 宜蘭地區九孔幼生死亡之調查. 九孔種苗生產及病害防治 (丁雲源, 楊鴻禧編), 水產試驗所特刊第1號, 21-22.
- 高野秀昭 (1997) 日本產海洋プランクトン検索図説. 東海大学出版会, 169-260.
- 陳冠全 (2004) 舟形藻 *Navicula* sp. 及雙眉藻 *Amphora* sp. 在不同溫度及光照下之成長及植入此兩種矽藻對九孔附著活存之研究. 國立台灣海洋大學水產養殖系碩士論文, 111 pp.
- 張本恆 (2003) 養殖九孔幼苗死亡原因初步調查. 九孔種苗生產及病害防治 (丁雲源, 楊鴻禧編), 水產試驗所特刊第1號, 41-42.
- 楊錫鑫 (2004) 九孔培育池底棲性矽藻之分類培養純化及其應用於九孔幼苗養殖之研究. 國立台灣海洋大學水產養殖系碩士論文, 154 pp.
- 楊鴻禧, 李榮涼, 陳敏隆, 丁雲源 (2003) 台灣南部九孔幼生病害原因之調查研究. 九孔種苗生產及病害防治 (丁雲源, 楊鴻禧編), 水產試驗所特刊第1號, 1-19.
- 漁業署 (1977-2006) 中華民國台灣地區漁業年報. 行政院農業委員會漁業署, 台北.
- 賴雪端 (1996) 台灣本土性底棲藻類做為河川水質生物指標之研究. 國立中興大學植物學系博士論文, 298 pp.
- 蘇惠美, 謝隆聲, 張銀戀, 王淑欣, 黃俊翰, 陳紫嫻 (2006) 矽藻與種貝對九孔苗育成的影響 (1). 水試專訊, 14: 6-9.
- Chen, Y. C. (2007) Immobilization of twelve benthic diatom species for long-term storage and as feed for post-larval abalone *Haliotis diversicolor*. *Aquaculture*, 263: 97 – 106.
- Cupp, E. E. (1943) Marine plankton diatoms of the west coast of North America. University of California Berkeley and Los Angeles, U.S.A., 241 pp.
- Danielidis, D. B. and D. G. Mann (2002) The systematics of Seminavis (Bacillariophyta): the lost identities of *Amphora angusta*, *A. ventricosa* and *A. macilenta*. *Eur. J. Phycol.*, 37: 429-448.
- Gallardo, W. G. and S. M. A. Buen (2003) Evaluation of mucus, *Navicula*, and mixed diatoms as larval settlement inducers for the tropical abalone *Haliotis asinina*. *Aquaculture*, 221: 357-364.
- Gordon, N., M. Shpigel, S. Harpaz, J. J. Lee and A. Neori (2004) The Settlement of Abalone (*Haliotis discus hannai* ino) Larvae on culture layers of different diatoms. *J. shellfish Res.*, 23:561-568.
- Guillard, R. R. L. (1975) Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. In *Culture of Marine Invertebrate Animals* (W. L. Smith and M. H. Chanley eds.), Plenum Press, New York, 26-60.
- Hartley, B. (1996) An Atlas of British Diatoms-based on Illustrations by H. G. Barber and J. R. Carter (P. A. Sims ed.), 600 pp.
- Hasle, G. R. and E. E., Syvertsen (1997). Marine Diatoms. In *Identifying Marine Phytoplankton* (C. R. Tomas ed.), Academic Press, San Diego, U.S.A., 5-386.
- Kawamura, T., T. Saido, H. Takami and Y. Yamashita (1995) Dietary value of benthic diatoms for the growth of post-larval abalone *Haliotis discus hannai*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 194: 189-199.
- Kawamura, T., R. D. Roberts and C. M. Nicholson (1998a) Factors affecting the food value of diatom strains for post larval abalone *Haliotis iris*. *Aquaculture*, 160: 81-88.
- Kawamura, T., R. D. Roberts and H. Takami (1998 b) A review of the feeding and growth of postlarval abalone. *J. Shellfish Res.*, 17: 615-625.
- Krammer, K. and H. Lange-Bertalot (1985) Naviculaceae *Bibliotheca Diatomologica* 9. J. Cramer, Stuttgart, 230 pp.
- Lai, S. D. (2001) An ecological study of brackish water diatom community in wetlands, near the Tseng-Wen Estuary, in southwestern Taiwan. *J. Diatom.*, 17:111-133.
- Lai, S. D. and J. P. Wang (2004) Multivariate analysis of dominant attached diatoms and water quality in Szu-Tsao mangrove wetland of Taiwan. *Diatom.*, 20: 133-143.
- Laing, I. (1991) Cultivation of Marine Unicellular Algae. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Directorate of Fisheries Research Laboratory, Lowestoft 67, 31 pp.
- Lange-Bertalot, H. (2001) *Iconographia Diatomologica*, Annotated Diatom Micrographs. 7, Diversity-Taxonomy-Identification Diatom Flora of Marine Coasts. Koeltz Scientific Books, 925 pp.
- Lange-Bertalot, H. and K. Krammer (1989) *Achnanthes*,

- eine Monographie der Gattungen,, mit Definition der Gattung *Cocconeis* und Nachtragen zu den Naviculaceae. Bibliotheca Diatomologica 18. J. Cramer, Stuttgart, 393 pp.
- Lee, K. K., P. C. Lin and Y. C. Chen (2001) The implication of ambient temperature with outbreak of vibriosis in cultured small abalone *Haliotis diversicolor supertexta* Lischke. J. Therm. Biol., 26: 585-578.
- Li, C. W. (1976) A study on the benthic diatoms communities of mountain streams in central Taiwan. Taiwanica, 21: 52-72.
- Li, C. W. (1978) Notes on marine littoral diatoms of Taiwan I. Some diatoms of Pescadores. Nova Hedwigia, 29: 787-812.
- Mann, D. G. and S. J. M. Droop (1996) Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. Hydrobiologia, 336: 19-32.
- Patrick R. and C. W. Reimer (1966) The Diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii, Vol. 1, Monography of the Academy of Natural Sciences, Pennsylvania, 688 pp.
- Patrick, R. and C. W. Reimer (1975) The Diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii, Vol. 2, Part 1, Monography of the Academy of Natural Sciences, Pennsylvania, 213 pp.
- Round, F. E., R. M. Crawford and D. G. Mann (1990) The diatoms. Biology & Morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge, 747 pp.
- Sabater, S., X. Tomas, J. Cambra and H. Lange-Bertalot (1990) Diatom flora of the Cape of Creus peninsula Catalonia, N. E. of Spain. Nova Hedwigia, 5:186-187.
- Simonsen, R. (1987) Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. Vol.1-2, J. Cramer, Berlin, 524 pp., 395 plates.
- Vyverman, W. (1991) Diatoms from Papua New Guinea. Bibliotheca Diatomologica 22. J. Cramer, Stuttgart, 191 pp.
- Walne, P. R. (1974) Culture of Bivalve Molluscs. 50 years' Experience at Conway. Fishing News (Books) Ltd. England, Surrey, 173 pp.

Isolation and Identification of the Benthic Diatoms from Small Abalone (*Haliotis diversicolor*) Larva Rearing Pond

Huei-Meei Su^{1*}, I-Lian Chang¹, Yi-Huei Cheng², Sui-Sin Wang¹ and Tzyy-Ing Chen¹

¹Tungkang Biotechnology Research Center, Fisheries Research Institute

²Department of Aquaculture, National Pingtung University of Science and Technology

ABSTRACT

Benthic diatoms are the principal food sources for postlarval abalone in hatcheries, and the survival and growth of postlarvae depend on species and abundance of the diatoms. However, the occurrence of diatoms grew on the plastic plates in traditional way is difficult to manage. This study aims to isolate and identify suitable diatoms for larviculture of small abalone. Unialgal cultures of diatoms were achieved, with the alga was isolated by pipette under the stereomicroscope. Twelve stock cultures were maintained in liquid medium or agar slant for a long-term storage. Diatoms were observed first under the light microscope and later by the scanning electron microscope. The morphology of plastids, cell shape and fine structure of silicate cell wall were used as the taxonomic characteristics. Eight diatoms species were identified as *Achnanthes submarina*, *Achnanthes parvula*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Navicula margalithii*, *Amphora exigua*, *Nitzschia lorenziana* var. *incerta*, *Nitzschia palea*, *Entomoneis alata*. In addition, four diatoms were classified to genus as *Achnanthes* sp. and *Seminavis* spp.

Key words: benthic diatoms, stock culture, morphology, taxonomy

*Correspondence: 67, Fongyu St., Tungkang, Pingtung 92845, Taiwan. TEL: (08) 832-4121; FAX: (08) 832-0234;
E-mail: hmsu@mail.tfrin.gov.tw