

九孔在附苗初期對藻類之攝食偏好性研究

曾福生* · 余俊欣 · 林金榮

行政院農業委員會水產試驗所 水產養殖組

摘 要

本研究調查台東成功地區的九孔苗培育期間，浪板上的藻類的變化及附苗初期的九孔對餌藻的偏好性。試驗期間，浪板上共觀察到 22 屬附著性藻類，其中有 19 屬為矽藻類，其他 3 屬分別為：絲藻 (*Dilabifilum* sp.) 的營養體、石蓴類 (*Ulvaria* sp.) 的游泳孢子 (zoospore) 和綠色隱鞭藻 (*Chroomonas* sp.)。這些微藻類的分布及組成在浪板上有上、下半部的差異。浪板上矽藻量以菱形藻 (*Nitzschia* sp.) 最多，其他依序為針桿藻 (*Synedra* sp.)、舟形藻 (*Navicula* sp.)、雙壁藻 (*Diploneis* sp.)、卵形藻 (*Cocconeis* sp.) 和曲殼藻 (*Achnanthes* sp.)。計算不同日齡的九孔苗腸道內的微藻類組成及分布，然後利用 ANOVA 和 Kolmogorov-Smirnov test，分析不同成長期的九孔苗對微藻類的攝食偏好性，結果依序為舟形藻、菱形藻及細柱藻 (*Cylindrotheca* sp.) ($p < 0.05$)。半舟形藻 (*Seminavis* sp.) 和直鏈藻 (*Melosira* sp.) 則因發育期而有所差異，前者在 3 日齡，後者在 20 日齡的九孔苗的腸道中的比例明顯的高於其他時期 ($p < 0.01$)。

關鍵詞：九孔幼苗、變方分析、K-S test、攝食偏好性、附著性矽藻

前 言

九孔 (*Haliotis diversicolor*) 自 1979 年在台灣繁殖成功以來 (陳與楊, 1979)，帶動九孔養殖產業的蓬勃發展，養殖技術從潮間帶的海底池、陸地池朝向目前的高密度機械化技術發展，已成為我國重要且具特色的產業。但從 1998 年以來，繁殖業者反應九孔育苗的成效不佳，尤其是 2002 ~ 2004 年間，問題更為嚴重，導致九孔苗產量下降。在這期間，李 (2002) 和張 (2003) 調查後提出疾病的問題，初步認為有溶藻弧菌 (*Vibrio alginolyticus*) 及大小約 100 nm 的 20 面體的球形病毒的感染。同時九孔繁殖業者也反應，浪板上餌藻成長過慢、緩不濟急。因而近年來，業者在繁殖期間都會在九孔苗培育池施肥，提供餌藻生長所需的營養，或者投餵藻粉，補充九孔苗餌藻的不足，但這些方法也無法改善育苗的問題。

浪板上的餌藻，尤其是矽藻及其衍生物 (胞外產物)、菌膜為九孔附苗初期的重要營養來源 (Tomita and Tazawa, 1971; Takami *et al.*, 1997)。到目前為止，繁殖業者並無特定的矽藻培育方法，一般都是在九孔浮游苗著床前將浪板掛在育苗池中，以流水方式讓水中的矽藻自然附著生長作為九孔苗的初期餌料 (陳與楊, 1979)。因此，九孔產業在長達二十幾年的發展過程中，關於附苗期的九孔在成長過程中的營養來源、餌藻種類及攝食行為，除了陳 (2004) 曾以純種培養的五種矽藻 (*Amphora bigibba*; *Cocconeis scutellum* var. *minutissima*; *Cylindrotheca closterium*; *Entomoneis* sp.; *Seminavis* sp.) 對附苗初期的九孔進行飼育研究外，國內未見其他相關文獻。

反觀國外，對早期餌藻 (矽藻) 與附苗初期的鮑魚苗間的關係則有十分深入的探討，包括附苗期著床板上的矽藻種類、矽藻的營養價、嗜食的矽藻及各期幼苗適合的矽藻 (Kawamura *et al.*, 1995, 1998a, 1998b)，甚至矽藻細胞外的分泌物、著床板上的菌膜及鮑魚幼貝的體外分泌物等 (Takami *et al.*, 1997)，對鮑魚浮游苗附著的影響和

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號; TEL: (02)2463-3101; FAX: (02)24628138; E-mail: fstsemg@mail.tfrin.gov.tw

附苗初期的餌料效果都有相當多的研究 (Roberts *et al.*, 2001; Correa-Reyes *et al.*, 2001)。

有鑑於此，本研究針對浪板上餌藻種類的變化進行調查，並比較附苗初期不同日齡的九孔在原浪板及移板後的攝食偏好性及其腸道中矽藻的種類及組成，以提供九孔育苗時，餌藻選擇的參考。

材料與方法

本研究在行政院農業委員會水產試驗所東部海洋生物研究中心進行，所使用的九孔苗是剛著床 (settlement) 者。選取殼長 5~7 cm 的雌、雄種貝，以乾淨的海水洗淨後，置於陰涼處乾出至少半小時。然後將雌雄種貝分開置於不同水槽中，以 1hr 升高 1°C 水溫的方式加溫，刺激其產卵及排精。將產出的卵移出，加入少許的精液輕輕攪拌，靜置約 15 min，待受精卵沉底後，倒掉上層液，再加入乾淨海水，反覆數次後，再將受精卵倒入孵化槽，約經 12 小時後孵化，孵化的担輪子 (Trochophore) 移入育苗池 (陳與楊, 1979)。附著藻依照傳統方式，在九孔受精卵倒入池中的前一天，將浪板掛在育苗池中，使其自然發生 (陳與楊, 1979)。

一、浪板藻相的調查與計數

藻相調查的育苗池 (5 × 4 × 1.2 m) 以黑色遮光網控制光照度在 3000~7000 Lux，水深 1.2 m，水溫 23~26°C，海水鹽度 33.3 psu。浪板於九孔受精卵倒入前一天，放進九孔育苗池，共懸吊 6 桿，每桿浪板 100 片，每片 (40 × 60 cm) 間隔 3~5 cm。在調查期間，育苗池的浪板取樣位置如 Fig. 1A 所示，共取 4 片浪板。每片浪板有 5 個取樣點，每一取樣點面積為 25cm² (5 × 5 cm)。取樣方式如 Fig. 2A 所示，取樣時間分別在掛浪板後起第 6 天及第 18 天共二次。所以總計上、下半部各有 8 個取樣點。所取下的樣本先經無菌海水處理，分割後 (Fig. 2B, C) 置於顯微鏡下觀察，分別記錄藻類的種類及聚落，並以光學顯微鏡觀察藻類形態及拍照記錄，再對照圖鑑 (Hori, 1993; Lange-Bertalot, 2000; Round *et al.*, 2000) 進行鑑別。藻類的計數係以滅菌棉花棒直接從浪板劃下採集，剪下棉花頭

部分置於 15 cc 的離心瓶，加入 3 cc 無菌海水後，於振盪器充分振盪，再將棉花頭懸掛於離心瓶中間，以 1000 × g 在 4 °C 下離心 10 min，將分離出的藻類以無菌海水連續稀釋後，以血球計數器於顯微鏡下計算藻類的個數。

二、不同日齡幼苗攝食的藻類

實驗分成兩組，第一組九孔苗在原浪板，觀察不同日齡幼苗攝食的藻類；第二組為趕入浪板組，觀察不同日齡的九孔苗移至備用浪板二日間所攝食的藻類。育苗池浪板配置如 Fig. 1A。選取三桿浪板共有 87 片，其配置如 Fig. 1B。每一桿的浪板配置如 Fig. 1C。每一桿共有 8 片已有九孔苗著床的浪板 (以“+”標示)；每二片間再配置一片未經著苗的備用浪板 (以“□”標示)，一起置於同一育苗池中。

(一) 原浪板組 (Ex1)：

九孔苗的觀察及取樣分別在著床後第 3、7 及 20 天 (3 日、7 日及 20 日齡)，從每一桿已附苗的 8 片浪板上，逢機取 10 隻九孔苗，移至蓋玻片上，俟其附著穩定後，置於 4°C 無菌海水 1 hr，於顯微鏡下，計算每個九孔苗腸道中餌藻的種類及數量。

(二) 趕入浪板組 (Ex2)：

於著床後的第 1、5 天及 18 天，分別從每一桿將足日齡的九孔苗趕入玻片上，每一玻片 6 個九孔苗，共有五片，將附著九孔苗的玻片置於經紫外線殺菌的過濾海水，流水四小時消肚，再將五個玻片平貼於同一桿的一片備用浪板上的五個採樣區 (Fig. 2A)，直到玻片上的九孔苗爬上備用浪板後，再掛入水中。因此，每一規劃的時間點，都有三片浪板。2 日後取樣，每一取樣浪板上九孔苗取樣區域如 Fig. 2A，同區域取樣的九孔苗，混合後再逢機選取 6 隻，5 個區域共取 30 隻九孔苗，於 4 °C 無菌海水清洗 1 hr 後，在顯微鏡下觀察及記錄不同日齡的每個九孔苗攝食的餌藻種類及數量。

以單向變方分析 (one-way ANOVA) 及 Kolmogorov-Smirnov 測驗法 (K-S test) (沈, 1993) 分析不同日齡之九孔苗，其腸道內的餌藻種類數及組成分布。

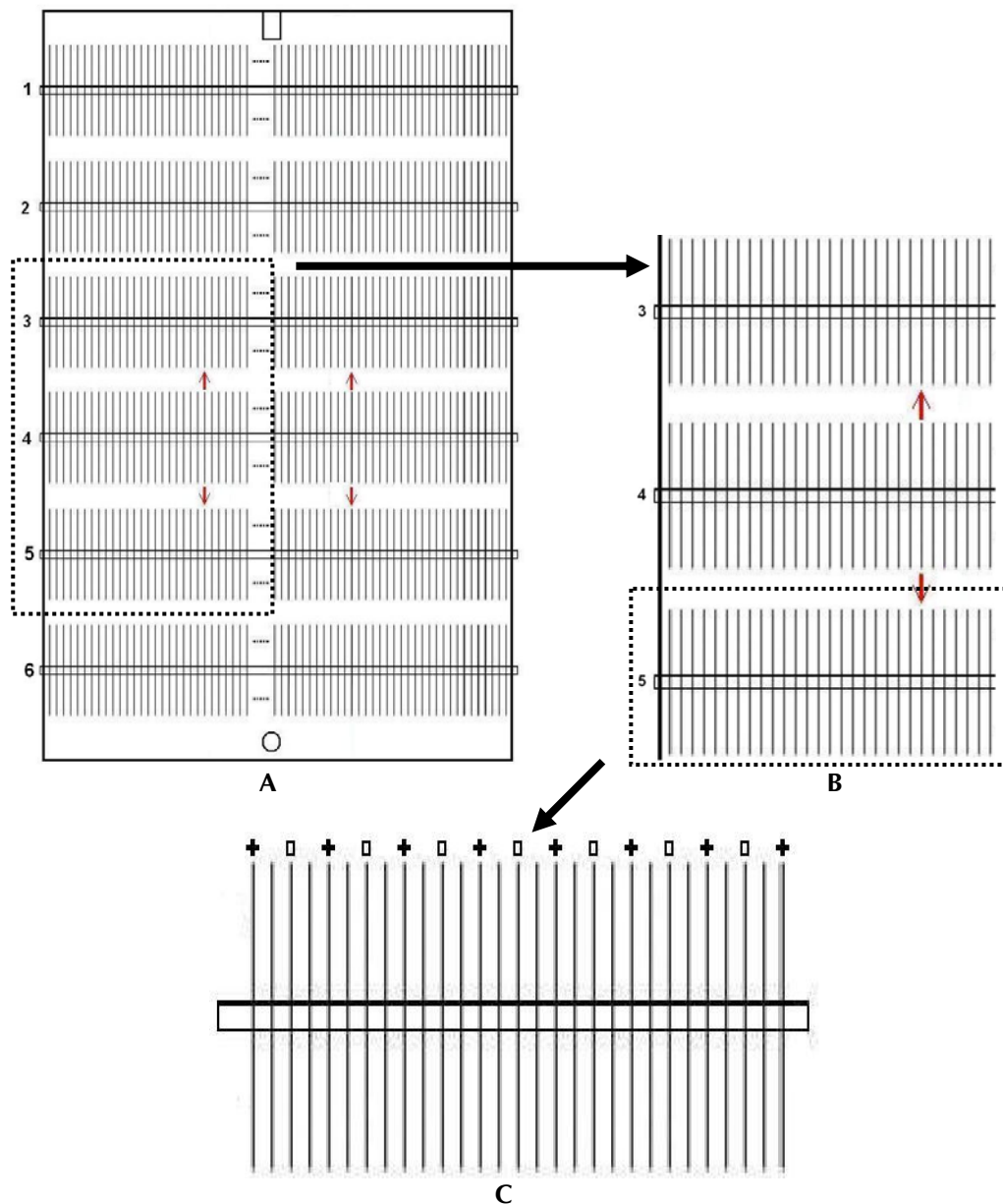


Fig. 1 A schematic illustration of the sampled method. A. There were six rows in the hatchery pool, which the order number was 1, 2, 3, 4, 5 and 6 from inlet (oblong form) to outlet (circular form). In each row, there were 100 plastic plates to be stood, from which four plastic plates, arrow marks, be sampled. B. A schematic illustration of plastic plates in a rows 3, 4 and 5. C. There were 8 plates had larvae of small abalone settlement (+), the rest of 7 plates (□) were not, which will be ready-to-use for performing experiment II.

結 果

一、浪板藻相

原位 (*in situ*) 觀察結果，浪板上的藻類生長聚落形態各異，有些矽藻成單一聚落，緻密地附著生長在浪板上，如卵形藻 (*Cocconeis* sp.) 附著

性強，附生在其他的矽藻上 (Fig. 3)；有的則是多種矽藻形成聚落混生 (Fig. 4)，如曲殼藻 (*Achnanthes* sp.)、直鏈藻 (*Melosira* sp.) 及細柱藻 (*Cylindrotheca* sp.) 等，前兩者有的一端固定於浪板上生長，有的則和細柱藻一樣，零散的附著生長在浪板上。

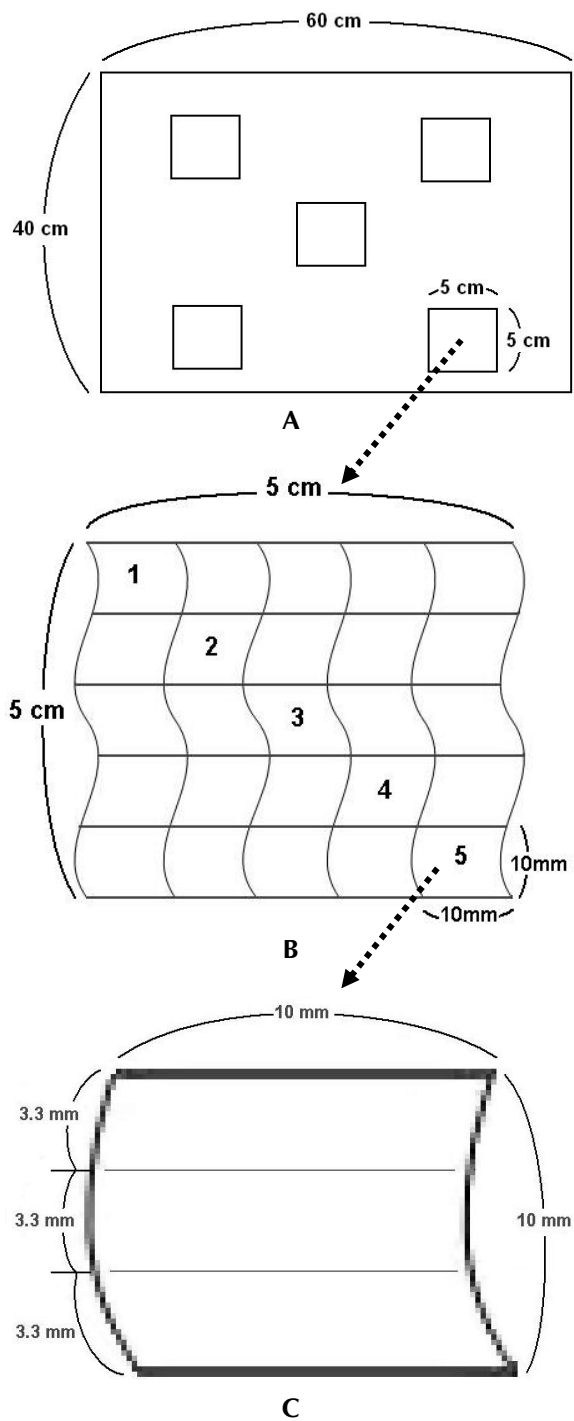


Fig. 2 A. The size of plastic plate. B. The plastic plate was divided into 5×5 parts to perform calculation of algae. C. Each part was then divided into three sections for algae colony investigation.

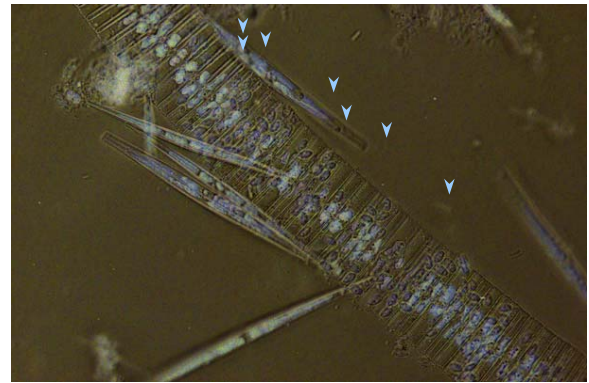


Fig. 3 Diatoms on rearing plates, the *Cocconeis* spp. indicated by arrow epiphytes on the other diatom (400x).

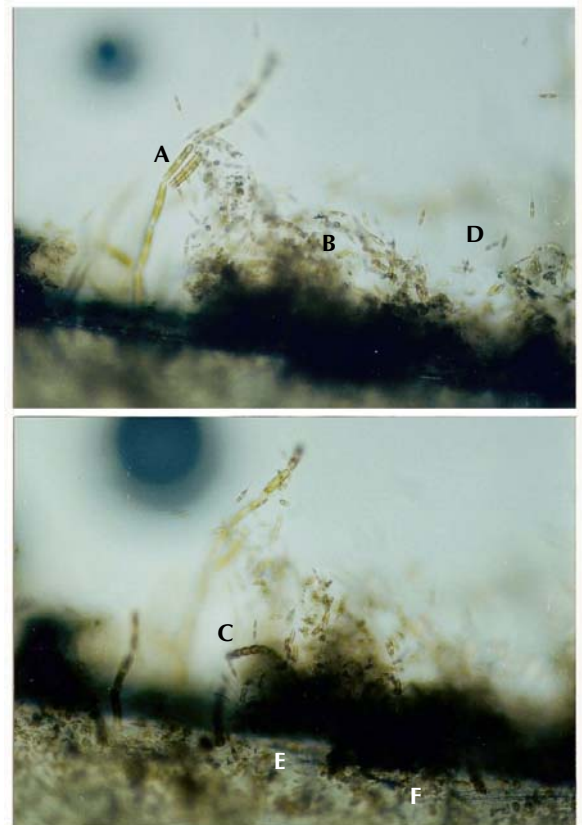


Fig. 4 The photos that algal community grew on the rearing plates were taken by lateral views with different focuses: (a) focused on the multilayered upright posture, and (b) focused on the plate. The algal community was mainly composed of *Achnanthes* spp. (A), *Cylindrotheca* spp. (B), *Melosira* spp. (C), *Nitzschia* spp. (D), *Amphora* spp. (E), and *Cocconeis* spp. (F) were on the plates.

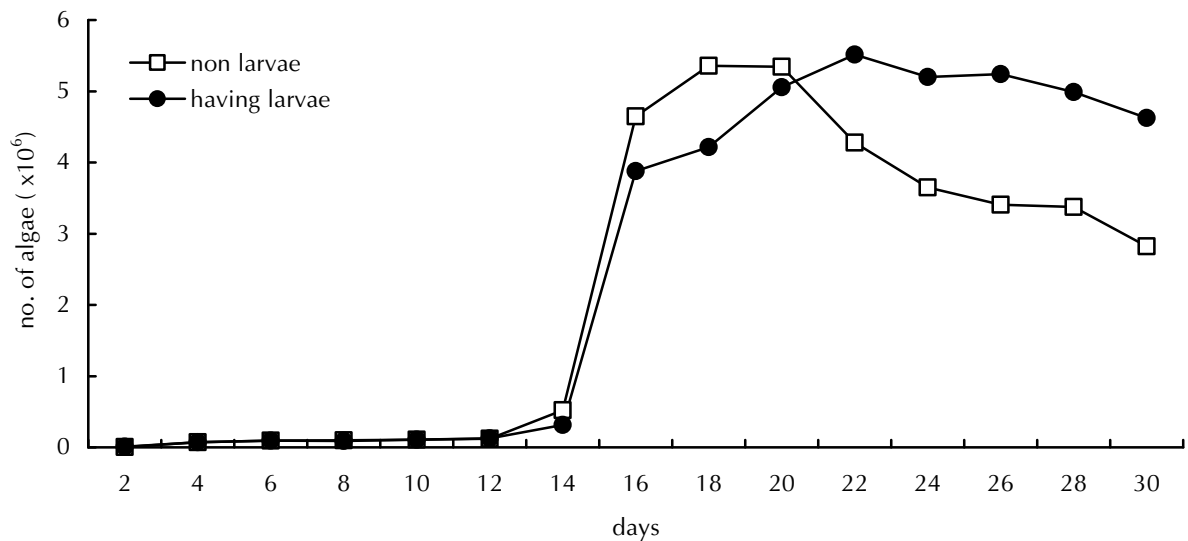


Fig. 5 Variation of number of algae on the plastic plates.

觀察未有九孔著苗浪板的藻相變化，浪板放入水中的第 2 天，矽藻開始出現，種類逐漸增加，至第 12 天，增加到 22 屬，其後就不再增減，亦即第 12 天浪板上餌藻種類可說已確定了。各種藻類密度隨著天數明顯增加，至第 18 天趨於平緩，並開始些微下降；然而有九孔苗附著的浪板上的藻類密度於第 18 天仍持續平緩上升 (Fig. 5)。

在掛浪板後的第 6 天，九孔苗剛著床時期，浪板上的藻種類不多，全為矽藻，共有 8 屬，且有上下部的差異。上半部有 7 屬 (Fig. 6A)，其中以菱形藻 (*Nitzschia* sp.) 最多，佔 39%。其餘依序為針桿藻 (*Synedra* sp.) 18%、舟形藻 (*Navicula* sp.) 16%、細柱藻 11%、卵形藻 8%、雙壁藻 (*Diploneis* sp.) 5% 及曲殼藻 3%，藻類平均密度為 9.13×10^3 個/cm²。下半部有 5 屬，其中以舟形藻最多，佔 49%。其餘依序為眉藻 (*Amphora* sp.) 18%、菱形藻 14%、細柱藻 10% 及針桿藻 9%，藻類平均密度為 1.42×10^2 個/cm²。

至第 18 天，浪板已有矽藻 19 屬及綠色藻類 3 屬。上半部的藻相如 Fig. 6B 所述，除了已出現的 7 屬藻類外，增生了 12 屬的矽藻，藻類密度 4.11×10^6 個/cm²。浪板下半部藻類組成共 18 屬，藻類密度 1.06×10^5 個/cm²。在出現的 22 屬藻類，屬於矽藻類的有 19 屬，其中 3 屬為同心目 (Centrales)。其他 3 種分別為綠色隱鞭藻 (*Chroomonas* sp.)、絲藻 (*Dilabifilum* sp.) 的營養

體和石蓴 (*Ulvaria* sp.) 的游泳孢子 (zoospore)。

浪板上的各種藻類，以菱形藻的 *N. longissima* 和 *N. closterium* 以及舟形藻為優勢種，約佔總組成的 72%，其中以菱形藻最多、舟形藻次之。菱形藻、針桿藻、石蓴類、綠色隱鞭藻和大型絲藻多分布於浪板上部，舟形藻則集中在浪板下方；細柱藻同一時間點，上下半部的差異不大，但在不同時間點其組成則有明顯差異 ($p < 0.01$)。

二、不同日齡幼苗對藻類的偏好性

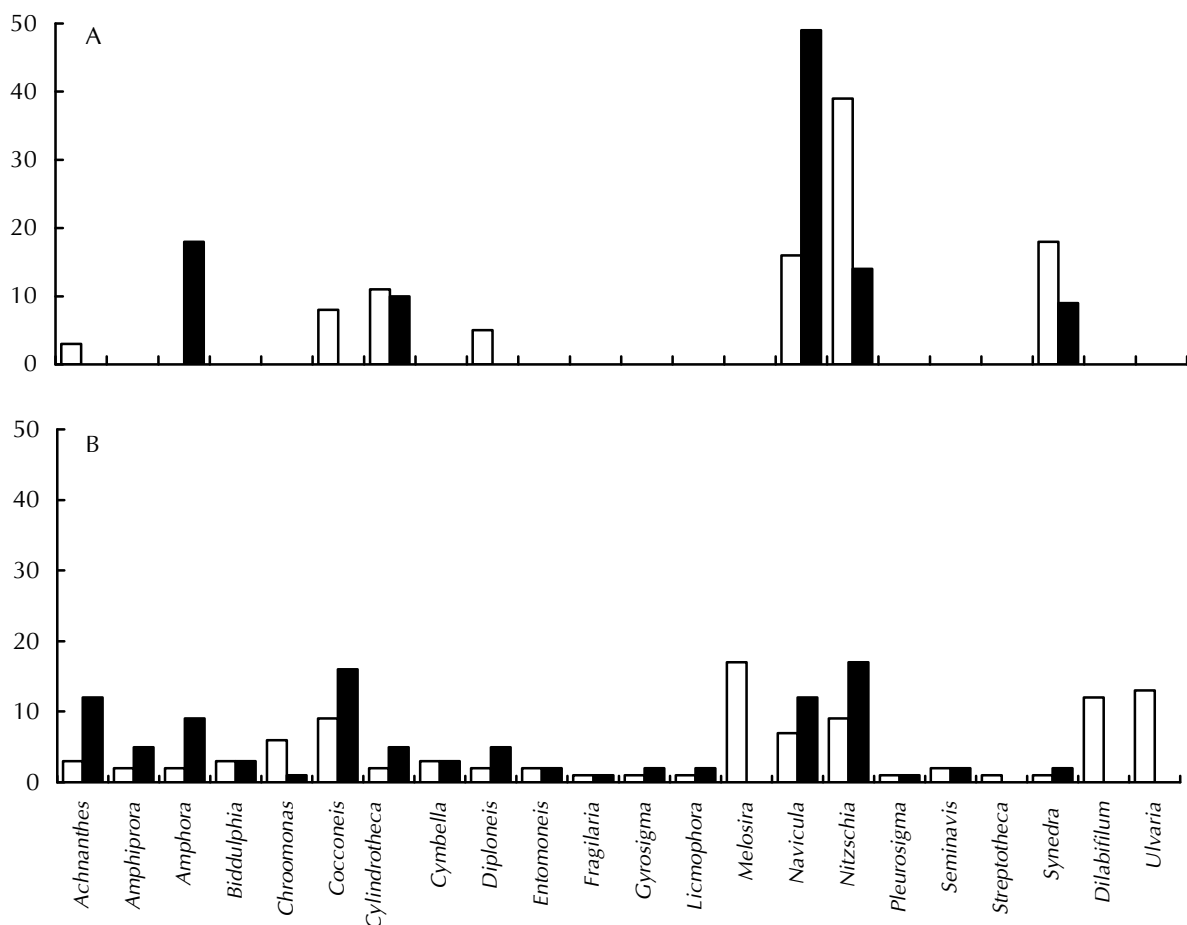
著床後 3 日、7 日及 20 日齡九孔苗的體型、攝食餌藻類的數量及大小，如 Table 1。九孔苗攝食餌藻的數量隨著成長而增加，由開始的 32 個增加到 143 個。初期偏好矽藻，至第 7 天起，攝食少量 (8 ~ 16 個) 綠色微藻；至第 20 天，除綠色微藻外，也吃綠色隱鞭藻類，數量為 11 ~ 36 個；30 天以後，可發現約 82% 的九孔苗攝食綠色藻類，數量由 31 至 52 個不等。

比較組內不同日齡九孔苗的腸道中，各種餌藻種類的組成，不論原浪板成長組或趕入浪板組，經單向變方分析測驗，腸道中都可發現舟形藻、菱形藻、細柱藻，其中以舟形藻組成最高，菱形藻居次，排序上有顯著差異 ($p < 0.05$)，顯示出九孔苗對藻類的具有偏好性。不同日齡間九孔苗的腸道中各種餌藻種類分布，經 K-S test 比較

Table 1 Ingested number and size of diatoms, green algae in gut and size of post-larval small abalone at various ages

Age (X-day-old)	Size of larvae (μ m, mean $\pm$ SE)	No. of diatoms in gut	Size of diatom (μ m, mean $\pm$ SE)	Green algae*
3	215 $\pm$ 15	32 $\pm$ 5	5–12	–
7	280 $\pm$ 34	78 $\pm$ 16	5–20	+
20	392 $\pm$ 61	143 $\pm$ 24	10–35	+

*Green algae ingested (+) or not found (–).

**Fig. 6** Algae composition (%) at the 6th (A) and the 18th (B) day on the rearing plates. □ The upper half of rearing plate; ■ The lower.

結果，在原浪板成長組 3 日、7 日和 20 日齡的九孔苗彼此間沒有差異；而趕入浪板組 3 日和 7 日齡、7 和 20 日齡的組成分布變異不顯著，但 3 日齡和 20 日齡的藻類組成分布有顯著差異 ($p < 0.01$)。

不同日齡間九孔苗的腸道中各種藻類組成的差異 (Table 2)，結果在原浪板成長組 3、7 和 20 日齡的九孔苗腸道中，曲殼藻、卵形藻、細柱藻、

雙壁藻、直鏈藻、舟形藻及菱形藻均有顯著差異 ($p < 0.01$)；橋彎藻、斜紋藻 (*Pleurosigma* sp.)、半舟形藻 (*Seminavis* sp.) 及針桿藻則有日齡上的偏好性。在趕入浪板組 3 日、7 日和 20 日齡的九孔苗腸道內，在 21 屬餌藻中，除了繭形藻及絲藻不顯著外，其他 19 屬都有顯著差異 ($p < 0.01$)。

組間同日齡之比較，九孔苗的腸道內餌藻種

類數，結果不論日齡大小，趕入浪板組都大於原浪板成長組，其中有些餌藻種類組成高低有顯著的日齡差異性 (Figs 7 & 8)，如半舟形藻和橋彎藻在兩組中的 3 日齡有較高的組成，分別佔 27.34% 和 24.80%；20 日齡時，則以直鏈藻居多，分佔

44.78%及 18.93% (Table 2)。

組間的比較，趕入浪板組的九孔苗腸道中藻種類數比原浪板組多 7 屬 (*Amphiprora*、*Biddulphia*、*Chroomonas*、*Fragilaria*、*Gyrosigma*、*Licmophora*、*Streptotheca*) 藻類，這些組成除了

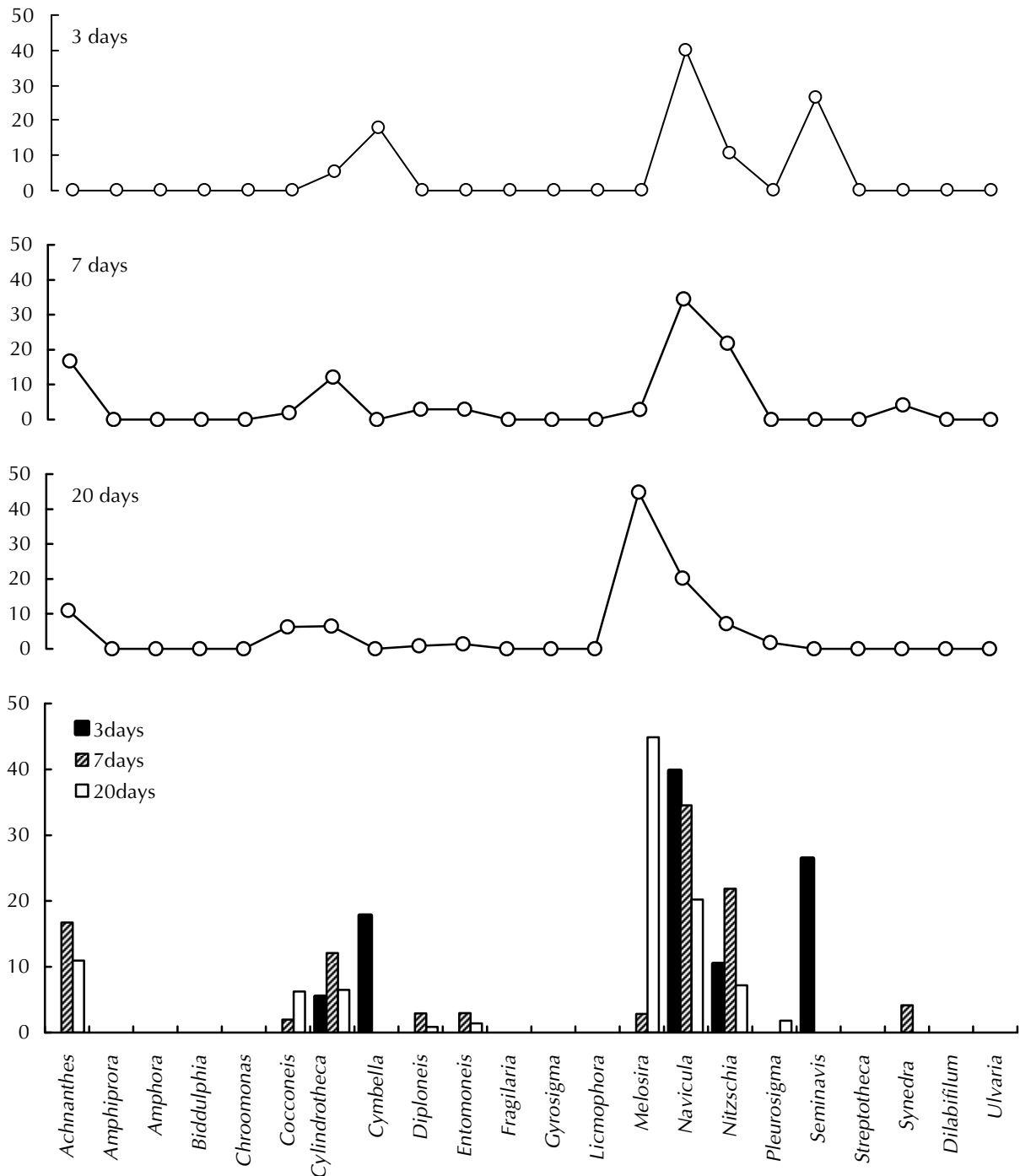


Fig. 7 Average composition of algae in gut of the 3, 7 and 20 days-old small abalone.

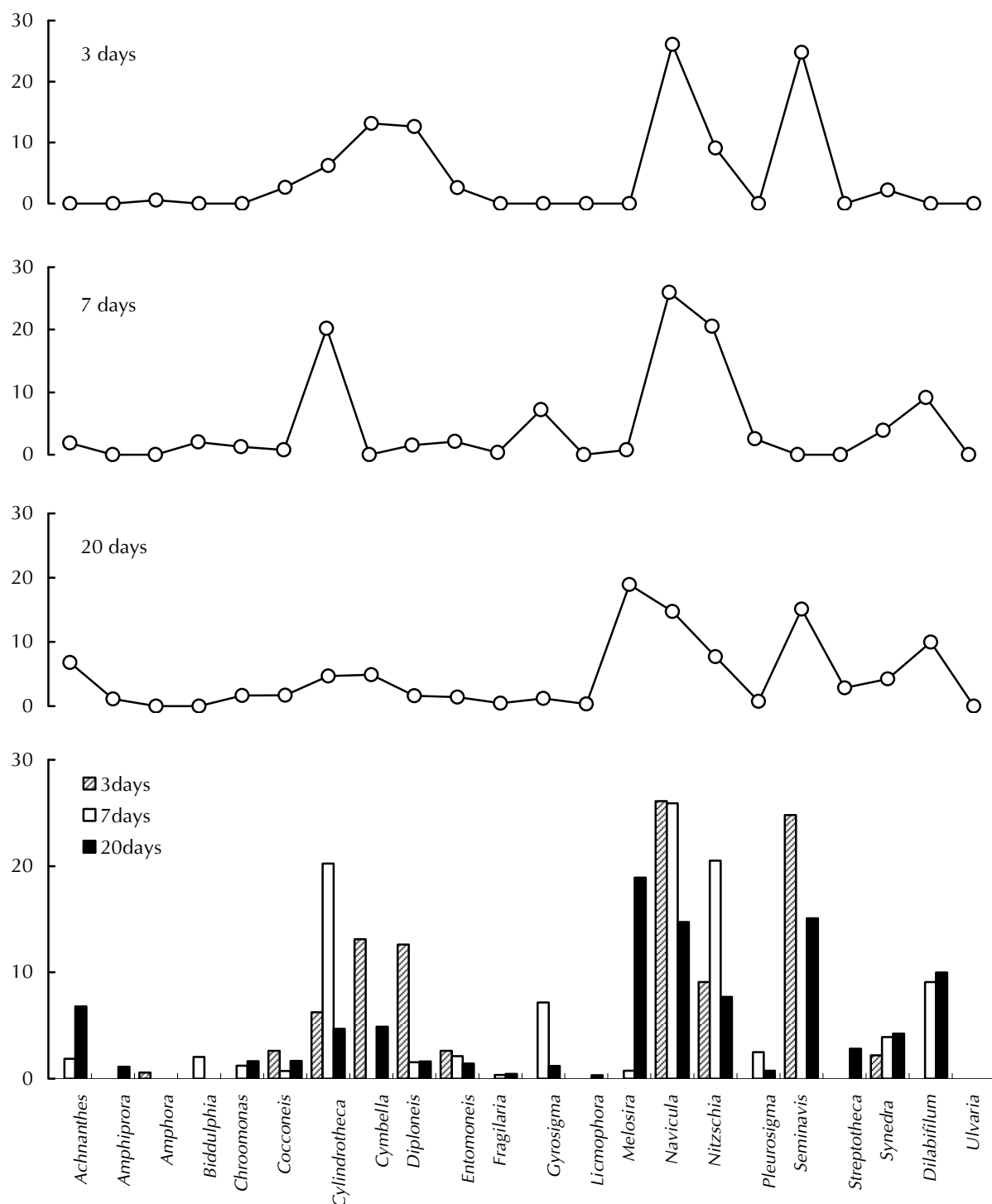


Fig. 8 Average composition of algae in gut of the 3, 7 and 20 days-old small abalone which were from experiment II.

Gyrosigma ($7.17 \pm 5.37\%$) 外，其他都在 $2.82 \sim 0.32\%$ 之間，變異係數除了 *Gyrosigma* 及 *Streptotheca* 為 0.74 外，其他都在 $1.04 \sim 3.16$ 之間，結合前述浪板上下半部矽藻種類及成長速度差異，顯示這幾種藻類在浪板上的組成分布是相

當的不平均。九孔苗附著在餌藻類分布不平均的浪板上爬行刮食餌藻，兩組不同日齡的九孔苗腸道中，餌藻組成排序相似，依序為舟形藻、菱形藻、細柱藻，所佔比例皆在 6.79% 以上；而直鏈藻、橋彎藻、曲殼藻、針桿藻及絲藻則有日齡上

Table 2 Comparisons of algal composition between days, age and distribution between species in gut of small abalone

	Ex 1			Ex2		
	3-day-old	7-day-old	20-day-old	3-day-old	7-day-old	20-day-old
<i>Achnanthes</i>		16.62±3.17(A) ^c	10.77±4.09(B) ^c		1.88±2.21(D) ^{cd}	6.79±2.89(C) ^d
<i>Amphiprora</i>						1.11±1.26 ^g
<i>Amphora</i>				0.58±1.83 ^e		
<i>Biddulphia</i>					2.05±2.64 ^c	
<i>Chroomonas</i>					1.23±1.18(A) ^{cd}	1.63±1.71(A) ^g
<i>Cocconeis</i>		1.93±1.19(B) ^{ef}	6.36±4.27(A) ^d	2.63±3.48(B) ^d	0.72±0.89(BC) ^{de}	1.68±2.17(BC) ^g
<i>Cylindrotheca</i>	5.37±5.16(C) ^e	12.25±2.38(B) ^d	6.54±3.15(C) ^d	6.25±7.02(C) ^c	20.24±15.05(A) ^a	4.67±2.96(C) ^e
<i>Cymbella</i>	18.06±8.95(A) ^c			13.12±9.97(A) ^b		4.89±2.65(B) ^e
<i>Diploneis</i>		2.96±1.94(B) ^e	0.93±1.75(C) ^e	12.63±8.82(A) ^b	1.55±2.35(C) ^{cd}	1.62±1.42(C) ^g
<i>Entomoneis</i>		2.79±3.09(A) ^e	1.38±1.23(A) ^e	2.60±3.33(A) ^d	2.13±2.60(A) ^c	1.42±1.09(A) ^g
<i>Fragilaria</i>					0.35±0.81(A) ^e	0.46±0.54(A) ^h
<i>Gyrosigma</i>					7.17±5.37(A) ^b	1.19±1.28(B) ^g
<i>Licmophora</i>						0.32±0.43 ^h
<i>Melosira</i>		2.85±2.84(C) ^{ef}	44.78±7.78(A) ^a		0.76±0.83(D) ^{cde}	18.93±5.27(B) ^a
<i>Navicula</i>	37.83±10.11(A) ^a	34.58±6.48(A) ^a	20.19±5.10(C) ^b	26.11±10.93(B) ^a	25.92±9.06(A) ^a	14.74±5.23(D) ^b
<i>Nitzschia</i>	11.40±7.17(B) ^d	21.72±5.36(A) ^b	7.18±2.89(BC) ^d	9.09±7.33(B) ^b	20.51±9.29(A) ^a	7.70±2.51(BC) ^d
<i>Pleurosigma</i>			1.86±1.95(A) ^e		2.50±3.23(A) ^c	0.74±0.86(B) ^{gh}
<i>Seminavis</i>	27.34±7.53(A) ^b			24.80±11.98(A) ^a		15.09±3.94(B) ^b
<i>Streptotheca</i>						2.82±2.10 ^f
<i>Synedra</i>		4.31±3.49(A) ^e		2.19±2.81(AB) ^d	3.91±3.11(A) ^c	4.22±2.40(A) ^e
<i>Dilabifilum</i>					9.10±6.51(A) ^b	9.98±3.40(A) ^c
<i>Ulvaria</i>						
K-S test	A	A	A	A	AB	B

The superscript letters in columns indicated a significant difference, $P<0.05$, between algae.

The capital letters in parentheses in row indicated a significant difference, $P<0.01$, between day age.

The K-S test significant difference is $P<0.01$

的差異 ($p<0.01$)，顯示附著初期的九孔苗在浪板會四處爬行選擇所偏好的餌藻，且有發育期上的特異性。

討 論

本試驗調查顯示，台東地區九孔著苗浪板上的矽藻相共有 22 屬，結果和陳 (2004) 在宜蘭地

區調查的 19 屬相去不遠，但比國外針對鮑魚進行的研究相較，如 Suzuki *et al.* (1987) 為 6 屬 10 種，Kawamura *et al.* (1998b) 4 屬 7 種，Gallard *et al.* (2003) 8 種等，卻明顯多出一倍，但無論是那一種鮑魚，都以舟形藻、菱形藻、細柱藻為主要餌藻。相形之下，台東、宜蘭地區提供更多的餌藻給九孔苗選擇。

試驗結果亦發現，無論浪板上是否有九孔苗附著，在掛板 20 天之前，浪板上的餌藻種類並無

明顯差異，沒有九孔苗附著的浪板，從第 10 ~ 12 天起，藻類大量增生；第 16 天以後開始出現剝落的現象，其中又以生長速度快的藻類最明顯。例如所有藻類中，以舟形藻及菱形藻的生長速度最快，因此後期即逐漸減少，生長環境競爭消長結果，取而代之的是絲狀的藻類，如直鏈藻等，大量繁生，漂浮水面。

在觀察九孔浪板上的微藻類的生長形態，並不是成單一聚落，而是多種微藻聚落混生 (Fig. 4)，各有其排列及附著方式。Kawamura and Hirano (1992) 調查鮑魚生態環境中附著矽藻的排列方式，並加以分類，依據矽藻的單獨散佈或聚落，運動方式及附著強度等條件，將矽藻分 A ~ G 七種生活形式，除 A 和 B 為平鋪狀態外，其他為直立或黏液管狀，而這些形態影響到附苗期九孔的攝食行為。Suzuki *et al.* (1987) 也發現，當鮑魚苗被移至沒有附苗的浪板上，則直立或黏液管狀附著的矽藻類數量明顯下降，平鋪狀的矽藻類數量則上升。Kawamura *et al.* (1998) 提出，不同時期的鮑魚幼苗，對矽藻的消化率，與矽藻的形態、附著強度、矽藻殼的硬度有關。Takami *et al.* (1997) 發現，殼長不到 800 μm 的皺紋盤鮑幼苗，若僅有卵形藻一種餌藻時很快就會死亡，這是因為卵形藻屬於附著性強的矽藻，附著初期的鮑魚苗無法刮食。另，Suzuki *et al.* (1987) 指出，平鋪在浪板上的卵形藻，排列緻密，附著性強，附苗初期的鮑魚苗無法加以消化利用。本研究中，浪板上矽藻聚落中的卵形藻是平鋪在浪板上，排列緻密，九孔苗爬行在浪板上進行攝食時，僅將舟形藻、細柱藻及針桿藻刮下，而無法將卵形藻刮下。因此，卵形藻的量會逐漸增加。這點也可從 3 日、7 日及 20 日齡的九孔苗腸道中，卵形藻所佔比例變化不大得到證實 (Table 2)。少量出現在腸道中的卵形藻，推測應是附著在其他的矽藻上，一起被攝食的 (Fig. 4)。另外，曲殼藻亦屬於附著性強的矽藻 (Nicotri, 1977)，九孔苗卻可刮食，可能是因為這種矽藻的聚落排列散佈不規則，附著方式僅有一端以類似著絲端點直立在浪板上，且重疊讓九孔苗刮食時有施力點。Kawamura *et al.* (1995) 指出，黑盤鮑初期幼苗可以將該藻破碎攝食；Suzuki *et al.* (1987) 將黑盤鮑初期幼苗移入沒有鮑魚苗的對照浪板上，發現浪板上直立式的矽藻

數量明顯下降。從卵形藻及曲殼藻的例子，即可看出，矽藻的生長形態和附著方式，影響刮食的難易，進而影響到九孔苗攝食的偏好性。

不同日齡九孔苗的腸道中所看到的矽藻形態都屬於紡錘形的矽藻，從矽藻的形態而言，九孔苗偏好長軸形的矽藻。比較上述二組不同日齡的九孔苗的腸道中，各種藻類的組成及分布，顯示隨著日齡的增加，九孔苗攝食的餌藻種類數和藻量亦日漸增加。各日齡九孔苗對藻類的偏好排序相似，依序為舟形藻、菱形藻及細柱藻。進一步交叉比較腸道中藻類的組成分布，顯示出同組中不同日齡間差異不顯著，但同日齡不同組者，除 3 日齡外，7 日齡和 20 日齡均有顯著差異，顯示 7 日齡以後，九孔苗在移入新浪板後，雖因餌藻種類增加，選擇性變多，但在偏好排序上仍維持不變，這可能意味著九孔苗附苗第七天以後，因浪板上喜食的藻類有逐漸不足的趨勢，因而選擇攝食其他種類的微藻，這或許就是趕入浪板組的九孔苗腸道中比原浪板成長組多出 7 屬的原因。早期台灣在九孔苗的培育過程中，在九孔苗附苗後會有幾次的疏板操作，主要目的就是要避免因浪板上的九孔苗過多，餌藻不足的問題。

趕入浪板組的九孔苗，經 4 小時的消肚，移入新浪板生活 2 天，其腸道內有高比例的舟形藻 (26.11%)、半舟形藻 (24.8%)、菱形藻 (20.5%) 及細柱藻 (20.3%)，顯示這些九孔苗對餌藻是有偏好的。尤其是半舟形藻在 3 日齡的九孔苗周遭環境中的比例相當低 (0.36%)，但在其腸道中卻高達 24.8%，這和 Siqueiros-Beltrones and Voltolina (2000) 研究結果相似。彼等分析 14 ~ 18 日齡的紅鮑苗 (*Haliotis rufescens*) 的腸道內所攝食餌藻類組成和周遭環境微藻類，結果鮑魚苗腸道內有極高比例的 *Pinnularia biceps* v. *minor* 和 *Navicula incerta*，而這兩種藻類在其生活的環境中，是最少甚至沒有的，顯示紅鮑苗專吃這兩種藻類，亦即鮑魚對微藻具有偏好性。

不同日齡的九孔苗對餌藻的攝食偏好性行為可能與九孔苗各器官的發育程度有關，如口器的發育和消化道的發育，須至某時期始有能力攝食某些藻類。觀察九孔苗的排泄物，可發現矽藻殘骸、部分殼形完整的空殼矽藻、完整沒有被消化的矽藻及部分仍然完整的綠色微藻類，這種現象

在日齡愈小的九孔苗愈明顯；但也有研究者認為此係被攝食之矽藻的矽化殼質細胞壁堅固不易破裂所致 (Kawamura *et al.*, 1995)。但無論是哪一個原因所造成，這些消化不完全的情形，在某種程度下反應了九孔苗本身的發育時程。因此，不同時期的幼苗也應有合適的餌藻配合。陳 (2004) 首先以各別純種培養的五種矽藻 (*Amphora bigibba*、*Cocconeis scutellum* var. *minutissima*、*Cylindrotheca closterium*、*Entomoneis* sp. 與 *Seminavis* sp.)，在長達一個月的試驗中，活存以攝食半舟形藻組 (*Seminavis* sp.) 最差。本研究則發現半舟形藻僅在 3 日齡的九孔苗有最好的攝食情形，7 日齡以後就不攝食了。

Kawamura *et al.* (1995) 指出，眉藻是鮑魚的幼苗餌料之一。本研究中的浪板，於第五天即有眉藻附著，但從未發現九孔苗攝食該藻。陳 (2004) 利用純種培養的單一眉藻進行試驗，發現附苗後前三週，其活存率是五組中最好的，但之後活存率遽降，僅優於半舟形藻而已，顯然九孔苗的培育過程，單一藻類是無法提供足夠的營養需求。

據本次試驗結果得知，台東地區九孔育苗池的浪板上的微藻種類有 22 屬，其中矽藻佔了 19 屬。原位觀察附著性矽藻在浪板上的分布及聚落形態，可了解九孔苗對矽藻的偏好性，配合不同日齡九孔苗在原浪板與趕入浪板的攝食比較及腸道內容物觀察分析，確立了附苗初期的九孔苗所偏好的矽藻次序，即附苗初期 3 日齡的九孔苗嗜食舟形藻 (5 ~ 12 μm)、橋彎藻及半舟行藻；7 日齡可添加細柱藻、曲殼藻及菱形藻；20 日齡以後可再加入直鏈藻，可作為日後餌藻繁殖與供給順序之參考。

謝 辭

本研究得以順利完成，承蒙本所東部海洋生物研究中心同仁的全力配合，九孔繁養殖業者熱心提供樣本材料，以及國立台灣大學李副教授英周在資料研究分析上的指導與協助，特此誌謝。

參考文獻

- 沈明來 (1993) 試驗設計學. 九州圖書文物有限公司.
- 陳衍昌 (2004) 利用固定化技術作為海洋底棲矽藻種原之保存及利用. 行政院農業委員會漁業署93年度科技研究計畫研究報告, 93農科-4.1.1-漁-F1(2).
- 李國誥 (2002) 養殖九孔苗與稚貝感染細菌性疾病與附著之相關研究. 行政院農業委員會漁業署91年度科技研究計畫研究報告, 91農科-2.5.3-漁-F1(2).
- 張本恆 (2003) 養殖九孔苗死亡原因初步調查. 水產試驗所特刊, 1: 41-45.
- 陳弘成, 楊鴻禧 (1979) 九孔(*Haliotis diversicolor supertexta*) 之人工繁殖. 中國水產, 314: 3-9.
- Correa-Reyes, J. G., M. D. P. Sanchez-Saavedra, D. A. Siqueiros-Beltrones and N. Flores-Acevedo (2001) Isolation and growth of eight strains of benthic diatoms cultured under two light conditions. J. Shellfish Res., 20: 611-617.
- Gallard, 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.
- Hori, T. (1993) An illustrated atlas of the life history of algae. Uchida Rokakuho, Tokyo.
- Kawamura, T. and R. Hirano (1992) Seasonal changes in benthic diatom communities colonizing glass slides in Aburatsubo Bay, Japan. Diatom Res., 7: 227-239.
- Kawamura, T., R. D. Roberts and C. M. Nicholson (1998a) Factors affecting the food value of diatoms strains for post-larval abalone *Haliotis iris*. Aquaculture, 160: 81-88.
- Kawamura, T., R. D. Roberts and H. Takami (1998b) A review of the feeding and growth of postlarval abalone. J. Shellfish Res., 17(3): 615-625.
- 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.
- Lange-Bertalot, H. (2000) Iconographia Diatomologica Annotated diatom micrographs. Germany: Koeltz Scientific Books.
- Nicotri, M. E. (1977) Grazing effects of four marine intertidal herbivores on the microflora. Ecology, 58: 1020-1032.
- Roberts, R. D., C. Lapworth and R. J. Barker (2001) Effect of starvation on the growth and survival of post-larval abalone *Haliotis iris*. Aquaculture, 200: 323-338.
- Round, F. E., R. M. Crawford and D. G. Mann (2000) The diatoms biology & morphology of the genera.

- Cambridge University press, UK..
- Siqueiros-Beltrones, D. A. and D. Voltolina (2000) Grazing selectivity of red abalone *Haliotis rufescens* postlarvae on benthic diatom films under culture conditions. J. World Aquacult. Soc., 31: 239-246.
- Suzuki, H., T. Ioriya and T. Seki (1987) Changes of algal community on the plates used for rearing the abalone *Haliotis discus hannai*. Nippon Suisan Gakkaishi, 53: 2163-2167.
- Takami, H., T. Kawamura and Y. Yamashita (1997) Survival and growth rates of post-larval abalone *Haliotis discus hannai* fed conspecific trail mucus and/or benthic diatom *Cocconeis scutellum* var. *parva*. Aquaculture, 152: 129-138.
- Tomita, K. and N. Tazawa (1971) On the stomach contents of young abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, in Rebun Island, Hokkaido (in Japanese with English abstract) Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn., 13: 31-38.

Algal Preference of Post Larval Abalone, *Haliotis diversicolor*

Fu-Seng Tseng^{*}, Chun-Shin Yu and King-Jung Lin

Aquaculture Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

This study was to investigate the algae preference of small abalone (*Haliotis diversicolor*) on the rearing plates. There were 22 genus in plates. Among them, 19 were diatoms and others were green algae (*Chroomonas* sp., *Dilabifilum* sp. and *Ulvaria* sp.) The distribution and composition of algae were different on the upper and lower parts of the plates. The dominant algae were *Nitzschia* sp., *Synedra* sp., *Navicula* sp., *Diploneis* sp., *Cocconeis* sp., *Achnanthes* sp. and *Amphora* sp. in order. By using one-way ANOVA and Kolmogorov-Smirnov test, the preference for ingested algae of post larvae were *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., and *Cylindrotheca* sp. with significantly different ($P < 0.05$). The feeding order was similar among 3, 7 and 20-days-old post larvae. However, *Seminavis* sp. in 3-days-old post larvae, and *Melosira* sp. in 20-days-old post larvae both were higher than that of other stages. These results suggested that the post larvae had preference to the benthic diatoms in various development stages.

Key words: abalone post larvae, ANOVA, Kolmogorov-Smirnov test, ingested preference, benthic diatoms

^{*}Correspondence: Aquaculture Division, Fisheries Research Institute, 199 Hou-Ih Rd., Keelung 202, Taiwan. TEL: (02) 24633101; FAX: (02)24628138; E-mail: fstseng@mail.tfrin.gov.tw