

蘇惠美¹，蘇茂森¹，廖一久²

¹ 台灣省水產試驗所 東港分所

² 台灣省水產試驗所

(1994 年 4 月 6 日接受)



極小型輪虫之篩選及其培養條件

摘要

壺形輪虫 (*Brachionus plicatilis*) 為多數海產魚介類種苗生產上重要的初期餌料生物。本報告涵蓋東港地區河口養殖池自然發生之壺形輪虫的大小、形態及其發生率之調查結果，和篩選極小型之輪虫，以瞭解其自然生態條件。自1990年 9月至1991年 8月為期一年之調查中，發現壺形輪虫發生於鹹水魚塢 (5~31 ppt)，密度通常小於每毫升10隻。依雌虫覆甲形態與大小可分為三型：大型者背甲前緣突起較鈍，甲長162~243 μm ，小型者背甲前緣突起較尖，甲長150~205 μm ，極小型者背甲前緣突起亦尖，但在突起伸出處有內凹，甲長94~163 μm 。大型者在低水溫期出現，小型者終年可見，極小型者則在高水溫時發生。測試溫度 (19~33°C)，鹽度 (5~30 ppt) 與六種餌料微藻，對極小型輪虫甲長及增殖率之影響，獲知其適溫為30~33°C，鹽度為10~20 ppt，優良餌料微藻為周氏扁藻 (*Tetraselmis chui*)，擬球藻 (*Nannochloropsis oculata*) 及東港等鞭藻 (*Isochrysis galbana*)。至於極小型輪虫之甲長的變化，在測試條件下並不顯著。

關鍵字：壺形輪虫，極小型，甲長，增殖率

壺形輪虫 (*Brachionus plicatilis*) 為多數海產魚介類種苗生產上重要的初期餌料生物⁽¹⁻³⁾，如何大量培養體型大小適中而且營養價高之輪虫，乃成為開發魚介類種苗大量生產技術之重要一環⁽⁴⁾。目前，以強化營養方法改善輪虫之營養價，以提高其餌料效益，已相當的進步⁽⁵⁻⁷⁾。至於輪虫之大小則因品系而異，例如，Ahlstrom⁽⁸⁾記載之野生種之甲長為125~315 μm ，Ito et al.⁽⁹⁾報導日本培養種之甲長為190~320 μm ，而Yuferra⁽¹⁰⁾指出歐洲培養種之甲長為134~280 μm 。日本學者稱為L型者，甲長為130~340 μm ⁽¹¹⁾，多數為184~278 μm ⁽¹²⁻¹⁴⁾；稱為S型者，甲長為100~210 μm ⁽¹¹⁾，多數為151~210 μm ^(12,15)。又有稱為Fiji型者，甲長為81~170 μm ，多數為124~145 μm ⁽¹⁶⁾。Fushimi⁽¹⁶⁾報導濱龍占 (*Lethrinus choerorhynchus*) 仔魚投予 Fiji型輪虫時，開口日攝餌者佔 70%以上，第六天以後全部攝餌；但若投 S型輪虫則開口日攝餌者僅有40%，第七天為79%。因此在台灣開發比 S 型輪虫更小的輪虫品系，所謂極小型輪虫，以作為仔稚魚

開口日之初期餌料，為刻不容緩之課題。

本文報導筆者等由東港地區之部份鹹水養殖池篩選之極小型輪虫之發生、大小及形態，以及對其增殖之最適溫度、鹽度與餌料藻等條件，以作為建立其大量培養系統之依據。

材料與方法

一、輪虫之採集與分離

在屏東縣東港地區針對八口養殖池，自1990年9月至1991年 8月，每月各採取水樣品 1 L，同時調查各該池之養殖物。在實驗室測定各水樣品之鹽度並估計輪虫密度；同時以毛細管自水樣中挑出帶卵雌虫數隻置於試管中，以扁藻培養，供作種源。

二、株別篩選

自每一種源中，以毛細管挑出一隻帶卵雌虫，置於

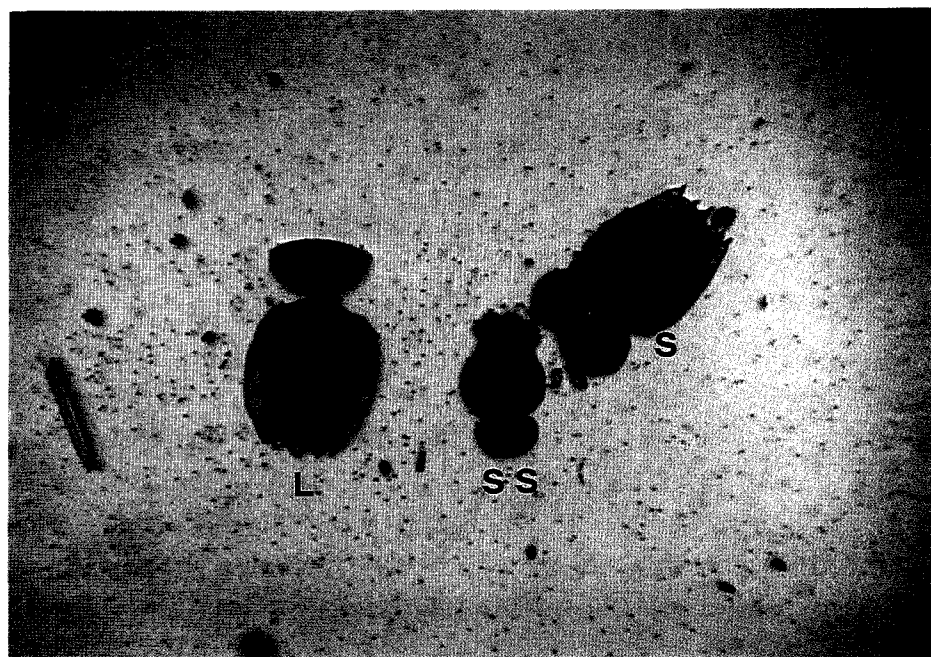


Fig. 1 L-, S- and SS-type *Brachionus plicatilis* found in culture ponds in Tungkang.

含 1 ml 扁藻培養液之小試管中，作為單株培養，每一種源作三隻試管。單株培養之鹽度 30 ppt，溫度 28°C，光照約 5000 lux，光週期 12小時光/12小時暗 (12L/12D)。待隻數增加後，以測微器量取 5 隻帶卵雌虫之甲長。其次，在與上述相同鹽度、溫度與餌料之條件下，再培養採得之各株輪虫，按其體型、大小及形態加以分類，然後篩選出大型 (L 型)，居中的小型 (S 型) 以及最小的極小型 (SS 型) 三類型 (Fig. 1)，並分別測量其帶卵及不帶卵雌虫各 50 隻之甲長及甲寬。

三、極小型輪虫之增殖條件

取五月採得之 SS 型 (Table 1) 為種源，首先挑取一隻帶卵雌虫作單株培養，然後取其子代進行鹽度、溫度及餌料藻對其增殖之影響試驗。試驗開始時，先挑取數隻帶卵雌虫置於供作餌料藻之藻水中。第二天再挑選剛孵出之子虫 5 隻，接種於含 1 ml 餌料藻之試管中，在備妥之溫度、鹽度與餌料條件下，經過 2~4 天之培養後，計數輪虫總數及測量 5 隻帶卵雌虫之甲

長。然後依照下列之公式⁽¹⁷⁾ 計算輪虫之增殖率 r (Reproductive rate)。

$$r = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{t}$$

N_t 為 t 天後輪虫總數， N_0 為初始輪虫數 (=5)， t 為培養天數。

(一) 鹽度

以海水及去離子水調成 5, 10, 15, 20, 25, 30 ppt 之培養液，然後加入離心濃縮之四鞭扁藻 (*Tetraselmis tetrahele*) 使培養液中藻之濃度為 10^6 cells/ml。各鹽度均為三重覆。將培養試管置於 28°C 之水浴槽中，光照 5000 lux，光週期 12L/12D，進行培養 3 天。

(二) 溫度

以指數生長晚期之東港等鞭金藻 (*Isochrysis galbana*) 作為餌料。調配鹽度為 20 ppt 之培養液，加入餌料藻，使藻之濃度為 650×10^4 cells/ml。

Table 1. Size and density of *Brachionus plicatilis* under different salinities and cultured items recorded in different months and ponds in Tungkang.

Month	Cultured item	Salinity (ppt)	Size (μm)	Density (No./ml)
1990/9	-	8	171 - 203	<1
1990/9	-	25	168 - 216	<1
1990/10	-	5	171 - 203	<1
1990/10	Milkfish	10	176 - 208	<1
1990/11	Milkfish	5	178 - 199	-
1990/11	Mud crab	15	197 - 202	<1
1990/11	Gracilaria	15	176 - 233	<1
1990/12	-	25	160 - 202	0.64
1990/12	Mud crab	8	177 - 243	2.04
1990/12	Kuruma prawn, Milkfish	31	159 - 234	0.12
1990/12	Kuruma prawn	27	185 - 212	<1
1991/2	Mud crab	29	160 - 200	10.8
1991/3	Mud crab	19	191 - 254	1
1991/3	Grass prawn	16	-	6.5
1991/3	Grass prawn	15	214 - 257	0.2
1991/4	Fish	8	-	0.12
1991/5	-	16	122 - 206	0.08
1991/5	-	18	123 - 173	18
1991/5	Milkfish, Purple clam	16	119 - 221	0.04
1991/5	Prawn	18	183 - 227	14
1991/5	Prawn	10	197 - 235	6.8
1991/6	Mud crab	16	-	13.4
1991/6	Purple clam	15	-	2.7
1991/6	Mud crab	14	-	7.9
1991/6	-	8	-	5
1991/6	-	12	-	1.9
1991/6	Prawn	11	-	2.5
1991/7	-	10	-	27.7
1991/7	-	10	-	<1
1991/7	-	2	-	<1
1991/8	Prawn	8	-	6.9
1991/8	Prawn	21	-	17.5
1991/8	Prawn	13	-	2.7

Table 2. Species, sizes and initial concentrations of microalgae in the culture of *Brachionus plicatilis*.

Species name	Chinese name	Size (μm)	Initial concentration (10^4 cells/ml)
<i>Tetraselmis chui</i>	周氏扁藻	14 - 20	50
<i>Tetraselmis tetrathele</i>	四鞭扁藻	8 - 16	50
<i>Nannochloropsis oculata</i>	擬球藻	2 - 5	1000
<i>Nannochloris oculata</i>	珠藻	2 - 5	1000
<i>Isochrysis galbana</i>	東港等鞭金藻	3 - 7	500
<i>Isochrysis aff. galbana</i>	大溪等鞭金藻	3 - 7	500

將試管置於溫度梯度生長箱之水浴槽中，五種水溫由上至下依次為 19、23、27、31 及 33°C，各溫度均為五重覆，光照條件同 (一)，進行培養 3 天。

(三) 餌料

試驗步驟同 (二)，使用之餌料藻種名、大小及起始濃度如 Table 2 所示。將各試管置於溫度梯度生長箱內之水浴槽中，水溫依序為 27、30 及 33°C，光照條件同 (一)，各藻種均為五重覆。在 27°C 培養 4 天、30°C 3 天、33°C 2 天。

四、資料分析

試驗所得之資料以變方分析解析試驗因子間是否有顯著差異，然後再以 Duncan's New Multiple Range Test 測試各處理間之差異性。

結果

一、養殖池自然發生之輪虫

在東港地區之河口養殖池調查之結果，如 Table 1 所示。在 1990 年 9 月至 1991 年 8 月期間，每個月均可發現輪虫，但以 5~8 月間之發生率較高（半數以上之採樣池中有輪虫），而且輪虫之密度也較大。發生輪虫之魚塭以養殖魚、蝦、蟳為主。在龍鬚菜及西施貝之養殖池中，亦會發生。該些養殖池之鹽度介於 2~31 ppt 之間，大多數在 20 ppt 以下。輪虫密度一般

小於 10 隻/ml，最高可達 28 隻/ml 左右。帶卵雌虫之甲長通常大於 160 μm ，但在 5~8 月，在同一養殖池內同時可發現兩種大小不同之輪虫。小型者帶卵雌虫之甲長小於 160 μm 。由輪虫之大小及形態，可將東港地區養殖池發生之輪虫分成三類型 (Fig. 1)。L 型者背甲前端有 6 個鋸齒狀突起而且尖端較鈍，S 型者及 SS 型者之突起均較尖；又 SS 型者覆甲形狀較圓，而且於突起伸出處有內凹，與 S 型者外觀上明顯不一樣。三類型之帶卵及不帶卵雌虫之甲長與甲寬如 Table 3 所示，SS 型之甲長介於 94~163 μm ，甲寬 75~134 μm ；S 型者甲長 150~205 μm ，甲寬 112~151 μm ；L 型者甲長 162~243 μm ，甲寬 110~208 μm 。SS 型輪虫之子虫大小為 79~109 μm 。

二、SS 型輪虫之增殖

(一) 鹽度條件

SS 型輪虫，以四鞭扁藻為餌，在水溫 28°C，鹽度 5~30 ppt 之下，經過三天之培養後，增殖率、總蟲數及帶卵雌虫之甲長如 Fig. 2 及 Table 4 所示，甲長在不同鹽度間沒有顯著的差異 ($p>0.05$)，均介於 133~152 μm 。增殖率及總蟲數，在不同鹽度之間部份有顯著差異 ($P<0.05$)，以 5~20 ppt 之增殖效果較 25 及 30 ppt 者為佳。

(二) 溫度條件

SS 型輪虫，以東港等鞭金藻為餌，在鹽度 20 ppt，溫度 19~33°C 之下，經過 3 天之培養後，增

Table 3. Lorica sizes (means $\pm$ standard deviations; range in parentheses; number of samples: 50) of L-, S- and SS- type of *Brachionus plicatilis*.

Type	Female	Length (μm)	Width (μm)
L	With egg	219 $\pm$ 13 (193–243)	186 $\pm$ 13 (161–208)
	Without egg	214 $\pm$ 24 (162–206)	161 $\pm$ 30 (110–206)
S	With egg	176 $\pm$ 16 (158–205)	133 $\pm$ 10 (124–151)
	Without egg	167 $\pm$ 17 (150–203)	127 $\pm$ 13 (112–142)
SS	With egg	147 $\pm$ 11 (111–163)	123 $\pm$ 8 (93–134)
	Without egg	129 $\pm$ 15 (94–158)	105 $\pm$ 11 (75–127)

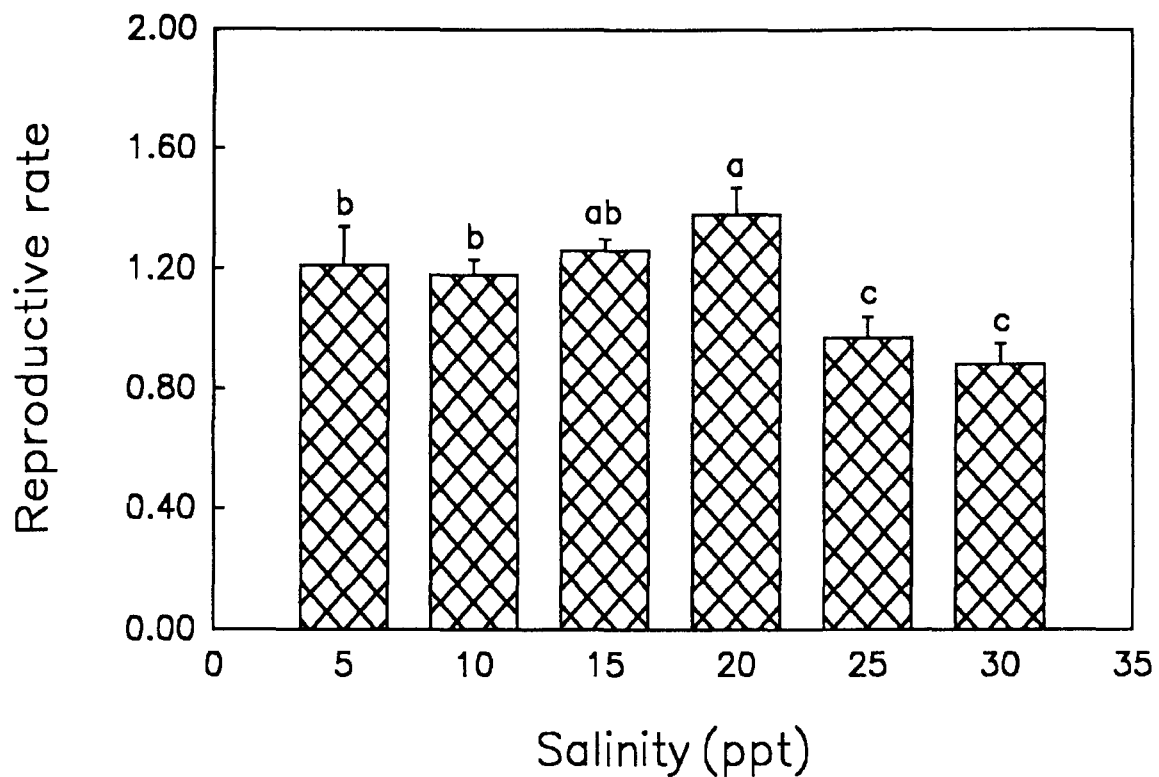


Fig. 2. Reproductive rates of SS-type *Brachionus plicatilis* at the end of three-day feeding experiments with *Tetraselmis tetrahele* at 28°C and different salinities. (values not sharing the same letter are significantly different, $p < 0.05$).

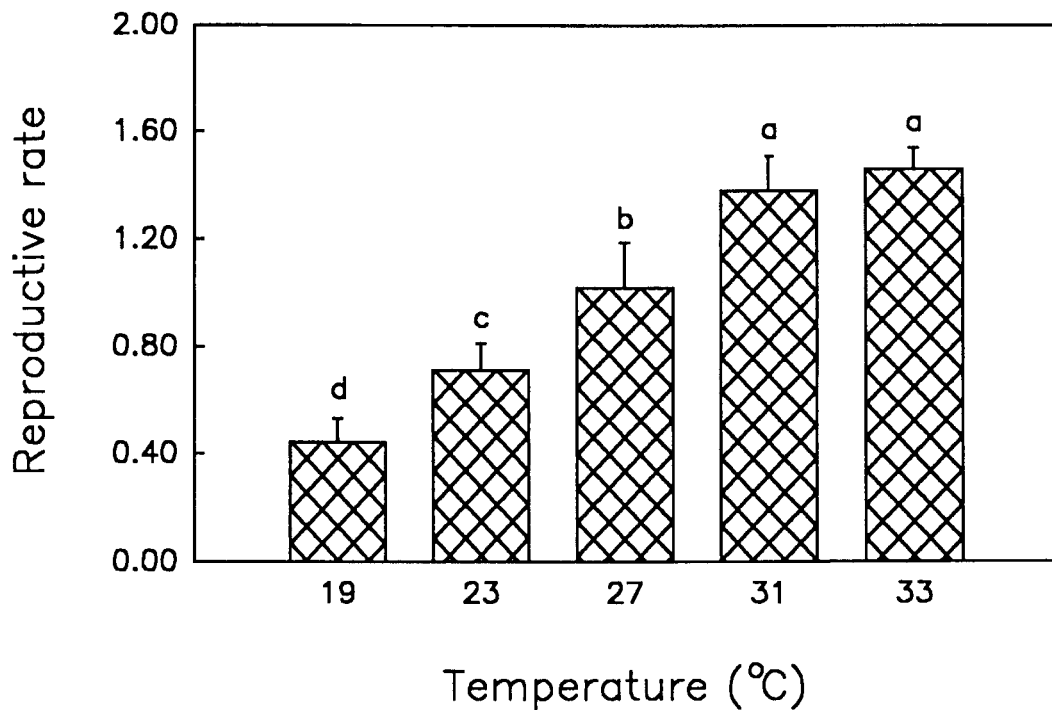


Fig. 3. Reproductive rates of SS- type *B. plicatilis* at the end of three-day feeding experiments with *Isochrysis galbana* at 20 ppt and different temperatures.
(values not sharing the same letter are significantly different, $p < 0.05$).

Table 4. Total number and size (means $\pm$ standard deviations) of SS- type *Brachionus plicatilis* at the end of three-day feeding experiments with *Tetraselmis tetrahele* at 28°C and different salinities.
(values not sharing the same letter are significantly different $P < 0.05$).

Salinity (ppt)	Total number (individuals/ml)	Size (μm)
20	321 $\pm$ 81 ^a	143 $\pm$ 9 ^a
15	222 $\pm$ 24 ^{ab}	150 $\pm$ 3 ^a
5	201 $\pm$ 85 ^{ab}	147 $\pm$ 3 ^a
10	173 $\pm$ 26 ^b	145 $\pm$ 2 ^a
25	93 $\pm$ 19 ^c	149 $\pm$ 2 ^a
30	70 $\pm$ 13 ^c	145 $\pm$ 10 ^a

殖率、總蟲數及帶卵雌蟲之甲長如 Fig. 3 及 Table 5 所示，甲長在不同溫度間亦沒有顯著的差異

($P > 0.05$)，介於 138~146 μm 。增殖率及總蟲數，隨溫度上升而上升，在不同溫度之間部份有顯著差異 ($P < 0.05$)，以 31~33°C 之增殖為最快。

(三) 餌料條件

SS 型輪蟲以六種微藻分別飼育結果，如 Table 6 所示。在不同溫度組之部份藻類間，增殖率有顯著之差異 ($P < 0.05$)。至於輪蟲之甲長則在不同溫度與不同藻類間均無顯著的差異 ($P > 0.05$)，介於 129 ~ 155 μm 。增殖率之大小，在 27°C 時，周氏扁藻 > 東港等鞭金藻 = 擬球藻 > 四鞭扁藻 > 大溪金藻 > 珠藻；在 30°C 時，擬球藻 = 周氏扁藻 > 東港等鞭金藻 > 四鞭扁藻 = 珠藻 > 大溪等鞭金藻；在 33°C 時，東港等鞭金藻 > 周氏扁藻 = 擬球藻 > 珠藻 = 四鞭扁藻 > 大溪等鞭金藻。以上結果顯示，周氏扁藻、擬球藻及東港等鞭金藻對極小型輪蟲之增殖效果最好。

Table 5. Total number and size (means $\pm$ standard deviations) of SS-type *Brachionus plicatilis* at the end of three-day feeding experiments with *Isochrysis galbana* TK1 at 20 ppt and different temperatures. (values not sharing the same superscript letter are significantly different, $p < 0.05$).

Temperature (°C)	Total number (individuals/ml)	Size (μm)
33	405 $\pm$ 101 ^a	143 $\pm$ 8 ^a
31	334 $\pm$ 114 ^a	141 $\pm$ 10 ^a
27	117 $\pm$ 57 ^b	142 $\pm$ 10 ^a
23	43 $\pm$ 12 ^c	138 $\pm$ 9 ^a
19	19 $\pm$ 6 ^d	146 $\pm$ 9 ^a

Table 6. Reproductive rate, size and total number (means $\pm$ standard deviations) of SS-type *Brachionus plicatilis* at the end of two- to four-day feeding experiments with different microalgae at different temperatures and 20 ppt. (values not sharing the same superscript letter are significantly different, $p < 0.05$).

Temperature (°C)	Algal species	Total number (individuals/ml)	Reproductive rate (r)	Size (μm)
27	<i>Tetraselmis chui</i>	334 $\pm$ 40 ^a	1.05 $\pm$ 0.03 ^a	146 $\pm$ 7 ^a
	<i>Isochrysis galbana</i>	102 $\pm$ 22 ^b	0.75 $\pm$ 0.05 ^b	145 $\pm$ 7 ^a
	<i>Nannochloropsis oculata</i>	92 $\pm$ 27 ^b	0.72 $\pm$ 0.07 ^b	144 $\pm$ 5 ^a
	<i>Tetraselmis tetrathele</i>	46 $\pm$ 5 ^c	0.55 $\pm$ 0.03 ^c	146 $\pm$ 4 ^a
	<i>Isochrysis aff. galbana</i>	44 $\pm$ 11 ^c	0.54 $\pm$ 0.08 ^c	142 $\pm$ 4 ^a
	<i>Nannochloris oculata</i>	17 $\pm$ 11 ^d	0.27 $\pm$ 0.19 ^d	150 $\pm$ 3 ^a
30	<i>Nannochloropsis oculata</i>	433 $\pm$ 52 ^a	1.49 $\pm$ 0.05 ^a	146 $\pm$ 6 ^a
	<i>Tetraselmis chui</i>	430 $\pm$ 62 ^a	1.48 $\pm$ 0.05 ^a	140 $\pm$ 3 ^a
	<i>Isochrysis galbana</i>	282 $\pm$ 49 ^b	1.34 $\pm$ 0.06 ^b	147 $\pm$ 7 ^a
	<i>Tetraselmis tetrathele</i>	100 $\pm$ 21 ^c	0.99 $\pm$ 0.07 ^c	143 $\pm$ 8 ^a
	<i>Nannochloris oculata</i>	104 $\pm$ 46 ^c	0.89 $\pm$ 0.26 ^c	138 $\pm$ 9 ^a
	<i>Isochrysis aff. galbana</i>	80 $\pm$ 45 ^c	0.89 $\pm$ 0.15 ^c	141 $\pm$ 11 ^a
33	<i>Isochrysis galbana</i>	412 $\pm$ 104 ^a	2.19 $\pm$ 0.15 ^a	150 $\pm$ 3 ^a
	<i>Tetraselmis chui</i>	324 $\pm$ 76 ^a	1.84 $\pm$ 0.11 ^b	140 $\pm$ 7 ^a
	<i>Nannochloropsis oculata</i>	180 $\pm$ 49 ^b	1.78 $\pm$ 0.12 ^b	148 $\pm$ 7 ^a
	<i>Nannochloris oculata</i>	93 $\pm$ 16 ^c	1.45 $\pm$ 0.09 ^c	144 $\pm$ 6 ^a
	<i>Tetraselmis tetrathele</i>	33 $\pm$ 18 ^d	0.89 $\pm$ 0.30 ^d	143 $\pm$ 6 ^a
	<i>Isochrysis aff. galbana</i>	23 $\pm$ 6 ^d	0.74 $\pm$ 0.14 ^d	144 $\pm$ 6 ^a

討論

東港地區鹹水養殖池發生之輪虫, 其大小符合於日本學者^(11,12,14,15)所述之L、S及Fiji型輪虫⁽¹⁶⁾之體型大小範圍。為便於比較, 乃加以區分為L、S及SS型。台灣產L及S型之形態與日本發生者⁽¹⁴⁾類似, 而SS型則與Fiji型類似。

浮游動物之體型受生理與環境因子之影響乃眾所周知之現象。在饑餓狀態時, 輪虫覆甲生長慢, 活存時間縮短, 族群中小個體者居多, 而所引起之個體大小差異較不同株別間之差異為小⁽¹⁰⁾。本研究之結果顯示SS型輪虫之大小不受溫度、鹽度與餌料藻之影響, 與Snell and Carrillo⁽¹⁸⁾研究三株輪虫所獲得的結果一致。Hino⁽¹⁹⁾指出經過N代繼代培養, L型仍是L型, S型也仍是S型, 無所謂形態輪迴說(Cyclomor-phosis), 即大型變小型或小型變大型。因此環境引起的大小變異, 仍在遺傳形質所控制的範圍內。依照覆甲前緣等形態, Sudzuki⁽²⁰⁾建議L型輪虫之學名為*Brachionus plicatilis typica*, S型者為*B. plicatilis rotundiformis*。至於SS型和S型之類緣關係, 則尚待進一步研究才能解明。

SS型輪虫之增殖, 受溫度的影響很大, 在17°C以下不能增殖, 以上則隨溫度上升而上升, 由於呈直線關係, 至31~33°C時增殖率可能還未達最高, 不過31和33°C之增殖率與總蟲數沒有顯著的差異。在台灣之養殖池, SS型輪虫於夏季高溫時出現。Ito et al.⁽⁹⁾指出, 在10~40°C之測試溫度範圍內, L型輪虫可耐較低溫, 而S型輪虫在較高溫時增殖較佳。在緯度上, 台灣跨於亞熱帶及熱帶地區, 因此全年常見者為S型, 冬季時發生L型, 夏季時則發生SS型。而在溫帶之日本於5、6月時, L型與S型會同時在養鰻池出現⁽¹³⁾, 7月時僅見S型⁽¹⁴⁾。至於在熱帶之泰國則S型及SS型⁽¹²⁾混生。此些現象顯示溫度為各型輪虫之地理與季節分佈的重要限制因子。

SS型輪虫對鹽度之耐力強, 在5~30 ppt增殖得很好, 不過, 在較低鹽之增殖較佳, 尤其在20 ppt時最好, 而其性狀與L型及S型者一樣^(10,21)。因此, 在自然環境中, 輪虫較常發生於半淡鹹水域。但輪虫在鹽度相差10 ppt以上水體間遷移時, 易因鹽度差異之緊迫而衰弱⁽²²⁾, 所以飼育水之鹽度宜視飼育種苗之鹽度而定。有關L型及S型輪虫培養之適當鹽度, Jame and Abu-Rezeq⁽²³⁾曾指出L型為30 ppt, S型為20 ppt。同時他們亦提到L型培養於30 ppt, S型培養於

15~20 ppt時, 虫體之n-3 HUFA含量較高。輪虫之適溫與適鹽條件因其品系而異, 就SS型之適溫(30~33°C)及適鹽(20 ppt)條件看來, SS型與S型之遺傳形質很接近, 至於其真正的親緣關係則有待進一步探討。

食物種類對輪虫增殖率的影響早有報導^(24,25)。Hino and Hirano^(26,27)由可濾食粒子之大小與覆甲長之關係, 推算出L型輪虫可濾食大小為5~25 μm 之食物, 單細胞之擬球藻或麵包酵母均小於此大小之下限, 故成凝集狀而被濾食。本研究測試之餌料藻大小在2~20 μm 之範圍, 其中周氏扁藻為最大, 擬球藻最小, 而以東港等鞭金藻、周式扁藻與擬球藻對SS型輪虫之增殖效果最好。此結果顯示在食物大小2~20 μm 範圍內, SS型輪虫之增殖率與食物大小之間沒有相關性, 同時也意謂極小型輪虫可濾食較小的食物。此外, 餌料藻細胞壁之厚(如擬球藻)或薄(如等鞭金藻), 具有鞭毛(如周氏扁藻、四鞭扁藻、等鞭金藻)或無(如珠藻、擬球藻)等特性, 也與SS型輪虫之增殖率無關。因此, 藻體之營養成分、藻類種別對有性生殖的誘發⁽²⁸⁾以及藻水中之菌相⁽²⁹⁻³²⁾等, 可能是影響輪虫增殖的主因, 但仍有待進一步探討才能解明。本研究得知東港等鞭金藻為培養SS型輪虫頗為適當的餌料, 唯其大量培養易感染原生動物, 且前人之研究⁽³³⁾亦指出金藻門中之鞭毛藻較難培養, 因此, 大量培養周氏扁藻或擬球藻作為餌料較為適宜。尤其擬球藻含有高量之EPA, 因此, 培養SS型輪虫時, 擬球藻較周氏扁藻為佳。

謝辭

本文之完成承東港分所蕭新泉君、張銀戀小姐, 實習同學林家全君、謝美滿小姐以及莊雅姬小姐的幫忙輪虫的採集、分離、培養與試驗工作, 謹此誌謝。

參考文獻

1. Liao, I. C. (1975) Experiments on induced breeding of the grey mullet in Taiwan from 1963 to 1973. *Aquaculture*, 6: 31-58.
2. Lei, C. H. and H. M. Su (1985) Growth and survival of *Penaeus monodon* larvae fed with selected food organisms. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 12(1): 54-69. (in Chinese, English abstract)

3. Liao, I. C., H. M. Su and J. H. Lin (1993) Larval foods for penaeid prawns. In *CRC Handbook of Mariculture*, 2nd edition Vol. 1. (Crustacean Aquaculture) (J. P. McVey, ed.). CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, pp. 29–59.
4. Liao, I. C., M. S. Su and H. M. Su (1991) An overview of live feeds production systems design in Taiwan. In *Rotifer and Microalgae Culture Systems: Proceedings of a U.S.-Asia Workshop*. The Oceanic Institute, Honolulu, Hawaii, U. S. A., pp. 135–150.
5. Kitajima, C., S. Fujita, F. Ohwa, Y. Yone and T. Watanabe (1979) Improvement of dietary value for red sea bream larvae of rotifers *Brachionus plicatilis* cultured with bakers's yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **45**(4): 469–471.
6. Hayashi, M., K. Toda, T. Yoneji, O. Sato and S. Kitaoka (1993) Dietary value of rotifers and *Artemia* enriched with *Euglena gracilis* for red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**(6): 1051–1058.
7. Su, H. M., M. S. Su and I. C. Liao (1994) Fatty acid composition of the rotifer *Brachionus plicatilis* fed selected microalgae or yeast, alone or in combination with various oils. In *The Third Asian Fisheries Forum*. Asian Fish. Soc., Manila, Philippines (in press).
8. Ahlstrom, E. H. (1940) A revision of the rotatorian genera *Brachionus* and *Platytas* with description of one new species and two new varieties. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, **77**: 143–184.
9. Ito, S., H. Sakamoto, M. Hori and K. Hirayama (1981) Morphological characteristics and suitable temperature for the growth of several strains of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.*, **5**: 147–157. (in Japanese, English abstract)
10. Yufera, M (1982) Morphometric characterization of a small-sized strain of *Brachionus plicatilis* in culture. *Aquaculture*, **27**: 55–61.
11. Ogami, H. and Y. Maeda (1977) Studies on variation of the rotifer, *Brachionus plicatilis* - I. Shape and size. *Proc. Spring Meet. Japan. Soc. Sci. Fish.* 1977, p. 75. (in Japanese)
12. Fukusho, K. and M. Okauchi (1982) Strain and size of the rotifer, *Brachionus plicatilis*, being cultured in Southeast Asian countries. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture*, **3**: 107–109.
13. Fukusho, K. and M. Okauchi (1983) Sympatry in natural distribution of the two strains of a rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture*, **4**: 135–138.
14. Fukusho, K. and M. Okauchi (1984) Seasonal isolation between two strains of rotifer *Brachionus plicatilis* in an eel-culture pond. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**(5): 909.
15. James, C. M. and T. S. Abu-Rezeq (1989) Production and nutritional quality of two small-sized strains of the rotifer. *J. World Aquacul. Soc.*, **20**(4): 261–267.
16. Fushimi H.. (1988) Fiji-type rotifer as small-sized food organisms. *Saibai*, **47**: 10–15. (translated from Japanese)
17. Snell, T. W. (1986) Effect of temperature, salinity and food level on sexual and asexual reproduction in *Brachionus plicatilis* (Rotifera). *Mar. Biol.*, **92**: 157–162.
18. Snell, T. W. and K. Carrillo (1984) Body size variation among strains of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture*, **37**: 359–367.
19. Hino, A (1988) Some problems in culture and biology of rotifer. *Saibai*, **47**: 16–36. (translated from Japanese)
20. Sudzuki, M (1985) Taxonomy and classification of *Brachionus plicatilis*. *Iden*, **39**: 52–57. (translated from Japanese)
21. Hoff, H. and T. W. Snell (1989) *Plankton Culture Manual*. 2nd Edition. Florida Aqua. Farms, Florida, 126 pp.
22. Lubzens, E., A. Tandler and G. Minkoff (1989) Rotifers as food in aquaculture. *Hydrobiologia*, **186/187**: 387–400.
23. James, C. M. and T. S. Abu-Rezeq (1990) Efficiency of rotifer chemostats in relation to salinity regimes for producing rotifers for aquaculture. *J. Aqua. Trop.*, **5**: 103–116.
24. Hirayama, K., K. Takagi and H. Kimura (1979) Nutritional effect of eight species of marine phytoplankton on population growth of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **45**(1): 11–16.
25. Snell, T. W., C. J. Bieberich and R. Fuerst (1983) The

- effects of green and blue-green algal diets on the reproductive rate of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture*, **31**: 21–30.
26. Hino, A. and R. Hirano (1980) Relationship between body size of the rotifer *Brachionus plicatilis* and the maximum size of particles ingested. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **46**(10): 1217–1222.
27. Hino, A. and R. Hirano (1984) Relationship between body size of the rotifer *Brachionus plicatilis* and the minimum size of particles ingested. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**(7): 1139–1144.
28. Snell, T. W. and F. H. Hoff (1985) The effect of environmental factors on resting egg production in the rotifer *Brachionus plicatilis*. *J. World Maricul. Soc.*, **16**: 484–497.
29. Hirayama, K. and H. Funamoto (1983) Supplementary effect of several nutrients on nutritive deficiency of baker's yeast for population growth of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **49**(4): 505–510.
30. Yu, J. P., A. Hino, R. Hirano and K. Hirayama (1990) The role of bacteria in mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*. In *The Second Asian Fisheries Forum* (R. Hirano and I. Hanyu eds.). Asian Fish. Soc., Manila, Philippines, 29–32.
31. Yu, J. P., A. Hino, T. Noguchi and H. Wakabayashi (1990) Toxicity of *Vibrio alginolyticus* on the survival of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**(9): 1455–1460.
32. Maeda, M. and A. Hino (1991) Environmental management for mass culture of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. In *Rotifer and Microalgae Culture System: Proceedings of a U. S.-Asia Workshop*. The Oceanic Institute, Honolulu, Hawaii, U.S. A., pp. 125–133.
33. Okauchi, M. (1991) The status of phytoplankton production as food organisms in Japan. In *Rotifer and Microalgae Culture Systems: Proceedings of a U.S.-Asia Workshop*. The Oceanic Institute, Honolulu, Hawaii, U.S.A., pp. 247–256.

Huei-Meei Su ¹, Mao-Sen Su ¹ and I-Chiu Liao ²

¹ Tungkang Marine Laboratory, Taiwan Fisheries
Research Institute, Tungkang, Pingtung, Taiwan 928

² Taiwan Fisheries Research Institute, 199 Hou-Ih Rd.,
Keelung, Taiwan 202

(Accepted 6 April 1994)



Selection of Super Small-sized Strain of the Rotifer (*Brachionus plicatilis*) and Its Rearing Conditions

Abstract

The rotifer *Brachionus plicatilis* is a very important live feed for rearing larvae of finfish, prawn and crab. Its biomass, morphology and occurrence in culture ponds in the Southern part of Taiwan Tungkang area were investigated to understand its natural resource and ecological conditions for growth. In September 1990 to August 1991, the rotifer was often found in brackish culture ponds with densities less than 10 individuals/ml. Three types of the rotifer were distinguished according to their size and morphology; the occipital margin of the lorica in L-type was blunt, while in S- and SS-type, it was acute and excavated at the point of projections in SS-type, and their lorical sizes were 162-243 μm , 150-205 μm and 94-163 μm , respectively. L-type occurred during the low temperature season; S-type, all the year round; and SS-type, high temperature season. The optimum culture conditions for SS-type were at a salinity of 10-20 ppt, and temperature of 30-33 °C, suitable feeds were *Tetraselmis chui*, *Nannochloropsis oculata* and *Isochrysis galbana*. There was no significant difference in sizes of SS-type cultured at different temperatures and salinities, and by different algal items.

Key words : *Brachionus plicatilis*, SS type, Lorica size, Reproductive rate