

碩士學位論文

5種의 微細藻類와 Rotifer, *Brachionus plicatilis*의 成長에 관한 研究

濟州大學校 大學院

水産生物學科



1992年 12月

5種의 微細藻類와 Rotifer, *Brachionus plicatilis*의  
成長에 관한 研究

指導教授 卞 忠 圭

元 承 煥

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함.

1992年 12月 日

元承煥의 理學 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長 \_\_\_\_\_

委 員 \_\_\_\_\_

委 員 \_\_\_\_\_

濟州大學校 大學院

1992年 12月

---

Studies on the Growth of the five Species of Microalgae  
*and that of Rotifers, Brachionus plicatilis*

Seung-Hwan Won

(Supervised by Professor Choong-Kyu Pyen)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1992. 12.

# 目 次

Abstract	1
I. 緒 論	3
II. 材 料 및 方 法	4
III. 結 果	
1). 微細藻類의 成長	7
2). 成長率	15
3). rotifer의 壽命 및 總産仔數	27
IV. 考 察	29
V. 要 約	34
VI. 參 考 文 獻	35
VII. 謝 辭	40



## Abstract

This paper investigates the growth rates of the microalgae *Chlorella minutissima*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana* and *Pavlova lutheri* as affected by differing temperature and light conditions.

This study also looks at initial age of reproductive maturity, life span, and the total offspring number of rotifer which feed on *Nannochloropsis oculata*. The conclusions are as follows :

The growth-result of *Chlorella minutissima* showed the maximum value of growth-rate as 0.72 mean growth-rates per day under conditions of 25°C, 4,000 lux. Cell numbers showed  $2.16 \times 10^7$  cells/ml on the 10th day.

The growth-result of *Chlorella pyrenoidosa* showed the maximum value of growth-rate as 0.60 mean growth-rates per day under conditions of 25°C, 8,000 lux. Cell numbers showed  $2.75 \times 10^7$  cells/ml on the 10th day.

The growth-result of *Nannochloropsis oculata* showed the maximum value of growth-rate as 0.70 mean growth-rates per day under conditions of 25°C, 8,000 lux. Cell numbers showed  $3.43 \times 10^7$  cells/ml on the 10th day.

The growth-result of *Isochrysis galbana* showed the maximum value of growth-rate as 0.61 mean growth-rates per day under conditions of 25°C, 8,000 lux. Cell numbers showed  $5.69 \times 10^6$  cells/ml on the 10th day.

The growth-result of *Pavlova lutheri* showed the maximum value of growth-rate as 0.53 mean growth-rates per day under conditions of 21°C, 8,000 lux. Cell numbers showed  $3.52 \times 10^6$  cells/ml on the 10th day.

---

The initial offspring ages of rotifer L-type, S-type, Thai-type appeared earlier at 29°C than at 25°C, in all species. Life span was longer at 29°C than at 25°C, and longer under conditions of low salinity. Fecundity was generally higher under conditions of low salinity.



## I. 緒 論

우리나라에서 海産魚貝類의 種苗生産이 시작된 것은 1970年 前後이며 1986年 부터는 陸上水槽와 가두리에서 넙치의 생산이 急速히 增加되었고 이에 따른 여러가지 産業的 魚種의 大量種苗生産이 切實히 要求되고 있는 實情이다. 그러나 種苗生産에 必需的인 要素가 되고있는 먹이생물에 대하여는 일반적으로 널리 이용되고 있는 rotifer, *Tigriopus*, *Artemia*를 비롯한 動物性 플랑크톤과 數種의 植物性 플랑크톤이 日本을 비롯한 海外에서 導入되어 이용되고 있지만 이들 種에 대한 具體的인 培養條件이 제대로 究明되어 있지 않아 不安定한 먹이생물 培養을 持續하고 있다.

國內의 먹이生物 培養에 관한 研究로는 植物性 플랑크톤의 먹이생물에 관하여 卞 · 宋(1970), 柳(1970), 朴 等(1986), 柳(1984), 文(1981), 權(1986), 金(1986)이 있고 動物性 플랑크톤의 먹이 생물에 관한 研究는 李(1988), 趙(1989), 林(1990)등의 보고가 있다.

國外에서의 植物性 플랑크톤에 관한 研究는 梅林(1961), 田宮 · 渡邊(1965), 平野(1966), Witt et al.(1981), Fabregas et al.(1984), 岡内(1985), 川口 · 渡部(1986), Spektorova et al.(1986), 岡内 等(1990), Herrero et al.(1991)등이 있고, 動物性 플랑크톤의 먹이생물에 관한 연구는 渡邊 等(1979), Hirayama et al.(1979), 青海 等(1980), Snell et al.(1983), 山崎 · 平田(1985, 1986), 平野 · 河野(1988), 平田(1989), 岡内(1989), 福所 · 平山(1989), Lubzens et al.(1990)등이 보고되어 있다.

本 研究에서는 餌料用 微細藻類 培養의 기본조건 중 온도와 조도가 먹이생물의 培養에 미치는 影響을 조사하고 *Nannochloropsis oculata*를 먹이로한 rotifer L-type, S-type, Thai-type등에 대한 初産時令, 總産仔數 및 壽命등 기본적인 조건 등에 대하여 基礎的 實驗을 實施하였다.

## II. 材料 및 方法

본 연구는 1991년 8월에서 1992년 8월까지 濟州大學校 增殖學科 먹이생물 研究室에서 실시했다. 實驗에 사용한 5種의 微細藻類는 1988年 美國 텍사스 주 Lab. Aquaol에서 分離한 海水産 *Chlorella minutissima*와 *Chlorella pyrenoidosa*, *Nannochloropsis oculata*, Hapto藻類, *Isochrysis galbana*와 黃色鞭毛藻類, *Pavolova lutheri*를 함께 純粹培養한 것이고 rotifer, *Brachionus plicatilis* Large(L)-type, Small(S)-type, Thailand(Thai)-type 는 日本 長崎大學에서 分讓받아 純種培養한 것이다. 微細藻類의 培養液은 Provasoli ES培地로서 그 造成은 Table 1과 같다. 培地의 사용법은 海水 1l 에 Provasoli ES 培地를 2ml씩 添加 하였다.

Table 1. Composition of Media Provasoli ES\*

A	NaNO <sub>3</sub>	105 g
	Na <sub>2</sub> glycerophosphate	15 g
	Thiamine HCl	150 mg
	Vitamine B <sub>12</sub>	3 mg
	Biotin	1.5 g
	Distilled Water	2,000 ml
B	Fe(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	5.25 g
	Na <sub>2</sub> EDTA	4.95 g
	Distilled Water	500 ml
C	Na <sub>2</sub> EDTA	7.5 g
	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1.5 g
	MnCl <sub>2</sub>	0.3g(4H <sub>2</sub> O)
	COCl <sub>2</sub>	7.5 mg
	FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0.075g
	ZnCl <sub>2</sub>	37.5 mg
	Distilled Water	500 ml

Provasoli ES\* : modification of provasoli ES medium ( Provasoli, 1968)

培養液에 사용된 海水는 0.5 $\mu$ m cartridge filter를 이용하여 濾過시킨 後 121°C, 1.5氣壓 下에서 20分間 滅菌하였다.

成長實驗은 수온 17, 21 및 25°C의 各 온도에서 조도를 1,000, 2,000, 4,000 및 8,000 lux로 설정하여 500ml 평저플라스크에 300ml씩 培養液을 채워서 *C. minutissima*, *C. pyrenoidosa*, *N. oculata*, *I. galbana*, *P. lutheri*를 수온 17°C에서는 各各 3.0 $\times$ 10<sup>5</sup>, 3.0 $\times$ 10<sup>5</sup>, 4.5 $\times$ 10<sup>5</sup>, 1.0 $\times$ 10<sup>5</sup>, 1.8 $\times$ 10<sup>5</sup> cells/ml, 수온 21°C에서는 0.5 $\times$ 10<sup>5</sup>, 2.0 $\times$ 10<sup>5</sup>, 1.0 $\times$ 10<sup>5</sup>, 1.0 $\times$ 10<sup>5</sup>, 1.0 $\times$ 10<sup>5</sup> cell/ml, 수온 25°C에서는 1.0 $\times$ 10<sup>5</sup>, 2.5 $\times$ 10<sup>5</sup>, 1.0 $\times$ 10<sup>5</sup>, 1.0 $\times$ 10<sup>5</sup>, 1.0 $\times$ 10<sup>5</sup> cells/ml로 接種하고 鹽分 32‰, L : D cycle 14 : 10의 조건으로 培養하였다. 조도의 測定은 ANA-999 照度計를 사용하였고, 各 조도의 變化범위는  $\pm$ 50 lux였으며 수온의 變化범위는  $\pm$ 1°C였다.

모든 실험은 동일조건에 4개씩 설치하여 平均值를 算出하였다. 各 실험에서 標本採取는 各기 일정한 시간에 용기를 충분히 흔들어서 5ml씩 採取하여 10% 포르말린액에 固定하고 Neubauer 血球計算板을 사용해 매일 세포수를 2회 반복 計數하고 平均하였다.

成長率은 Witt et al.(1981)이 *Nannochloropsis* sp.에서 사용했던 式에 準하였다.

$$K = (1 / t_2 - t_1) \ln(N_2 - N_1) \dots\dots\dots (式 1)$$

K = 成長率

N<sub>1</sub> = 接種 後 t<sub>1</sub>日의 平均세포수

N<sub>2</sub> = 接種 後 t<sub>2</sub>日의 平均세포수

t<sub>1</sub> = 接種 後 1日

t<sub>2</sub> = 接種 後 2日

成長率에 대한 실험결과는 一元分類(one-way ANOVA)로 처리하고 Duncan (1955)의 Multiple Range Test로 평균간의 有意性を 檢定하였다.

또한 온도가 成長率에 미치는 영향을 알기 위하여  $Q_{10}$ 의 式을 이용하였다.

$$\ln Q_{10} = \frac{10 \ln(k_2/k_1)}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots (式 2)$$

$K_1$  = 온도  $T_1$  에서의 成長率

$K_2$  = 온도  $T_2$  에서의 成長率

rotifer 壽命 및 産仔數調査는 24-well flat bottom(容量 : 3ml)에 rotifer L-type, S-type, Thai-type의 어린개체를 各各 10마리씩 分離하여 1-well에 1마리씩 넣어서 觀察하였다.

어린個體와 어미의 크기는 萬能投影機를 사용해서 背甲長의 크기를 測定했고 먹이로서 *N. oculata*를 1ml/well씩 供給하였으며 이때의 密度는  $1.0 \times 10^6 \sim 2.0 \times 10^6$  cells/ml되게 維持하였다. 먹이의 交換, 壽命 및 産仔數 觀察은 어미만을 다른 flat bottom에 옮겨서 解剖顯微鏡을 이용하여 매일 아침 10時와 밤 10時에 觀察, 計數하였다.

培養水溫은 25°C와 29°C에서 실시하였고 鹽分濃度는 各各 15, 25 및 35‰로 설정 하였으며 실험기간 동안 조도는 2,000 lux를 維持하였고 L : D cycle은 14 : 10으로 實施하였다.

## Ⅲ. 結 果

### 1. 微細藻類의 成長

培養溫度를 17, 21 및 25°C의 3段階로 설정하고 各 온도마다 1,000, 2,000, 4,000 및 8,000 lux로 조도를 다르게 하여 5種의 微細藻類를 10日間 배양하여 매일 세포수 증가를 조사한 結果는 아래와 같다.

*C. minutissima*의 培養結果는 Fig. 1과 같으며, 培養溫度 17°C에서 接種後 10日째의 세포수는 1,000 lux에서  $5.20 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $1.01 \times 10^7$ , 4,000 lux,  $2.50 \times 10^7$ , 8,000 lux,  $2.76 \times 10^7$  cells/ml로 조도가 높아 질수록 세포수가 증가 하였다.

培養溫度 21°C에서, 接種後 10日째의 세포수는 1,000 lux,  $4.3 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $8.80 \times 10^6$ , 4,000 lux,  $1.31 \times 10^7$ , 8,000 lux,  $1.21 \times 10^7$  cells/ml로 증가 하였으며 4,000 lux와 8,000 lux에서 높은 성장을 보였다.

培養溫度 25°C에서, 接種後 10日째의 세포수는 1,000 lux,  $2.50 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $1.09 \times 10^7$ , 4,000 lux,  $2.16 \times 10^7$ , 8,000 lux,  $2.34 \times 10^7$  cells/ml로 조도가 높을수록 세포수도 증가하였으며, 4,000 lux와 8,000 lux는 거의 類似한 세포수의 증가를 보였다.

*C. minutissima*의 培養結果는 各 온도 조건에서 實驗照度 1,000~8,000 lux 범위에서는 조도가 증가할 수록 세포수의 증가도 높아지는 傾向이었고 온도 21°C, 25°C에서의 4,000 lux와 8,000 lux는 큰 차이 없이 비슷한 성장을 보였다.

*C. pyrenoidosa*의 培養結果는 Fig. 2와 같고, 培養溫度 17°C에서 接種後 10日째의 세포수는 1,000 lux,  $1.07 \times 10^7$ , 2,000 lux,  $2.43 \times 10^7$ , 4,000 lux,  $3.35 \times 10^7$ , 8,000 lux,  $3.48 \times 10^7$  cells/ml로 증가하였으며 2,000~8,000 lux 범위에서 良好한 성장을 보였고, 그에 비해 1,000 lux에서 저조했다.

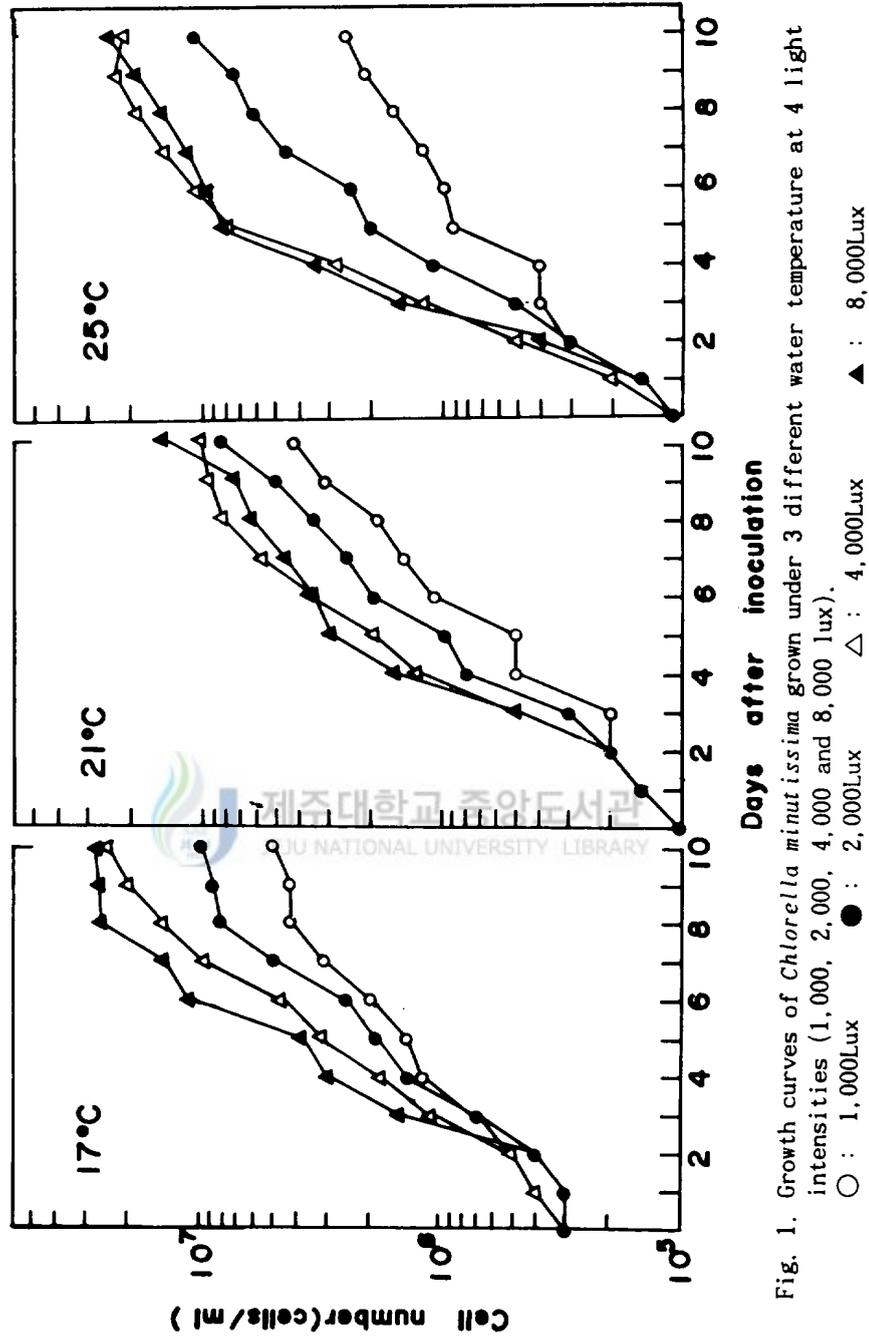


Fig. 1. Growth curves of *Chlorella minutissima* grown under 3 different water temperature at 4 light intensities (1,000, 2,000, 4,000 and 8,000 lux).

○ : 1,000Lux ● : 2,000Lux △ : 4,000Lux ▲ : 8,000Lux

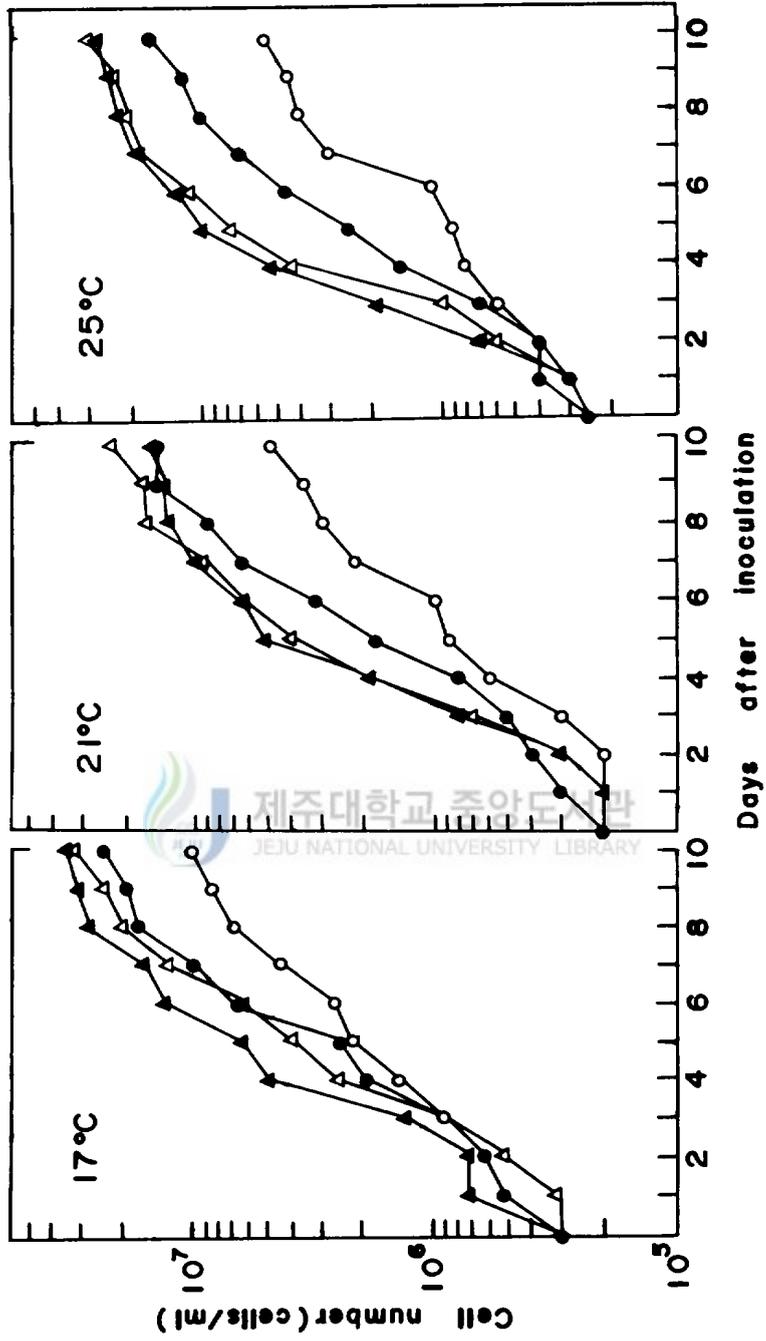


Fig. 2. Growth curves of *Chlorella pyrenoidosa* grown under 3 different water temperature at 4 light intensities (1,000, 2,000, 4,000 and 8,000 lux).

○ : 1,000Lux ● : 2,000Lux △ : 4,000Lux ▲ : 8,000Lux

培養溫度 21°C에서는 1,000 lux,  $4.85 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $1.50 \times 10^7$ , 4,000 lux,  $2.33 \times 10^7$ , 8,000 lux,  $1.59 \times 10^7$  cells/ml로 증가하였으며 조도 1,000 lux에서는 세포수의 증가가 저조했으나 2,000~8,000 lux 범위에서는 良好한 성장을 나타냈다.

培養溫度 25°C에서는 1,000 lux,  $5.5 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $1.65 \times 10^7$ , 4,000 lux,  $2.97 \times 10^7$ , 8,000 lux,  $2.75 \times 10^7$  cells/ml로 증가하였고 조도가 증가할 수록 세포수의 증가도 높은 傾向을 보였다.

*C. pyrenoidosa*의 培養結果를 살펴보면 17°C에서는 조도간에 큰 차이없이 세포수가 증가하였으나 25°C에서는 조도간에 差異가 뚜렷하였고 4,000 lux와 8,000 lux간에는 비슷한 성장을 보였다.

*N. oculata*의 培養結果는 Fig. 3과 같고, 培養溫度 17°C에서는 1,000 lux,  $3.85 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $1.70 \times 10^7$ , 4,000 lux,  $1.97 \times 10^7$ , 8,000 lux,  $3.68 \times 10^7$  cells/ml로 증가하였고 8,000 lux에서 顯著한 성장을 보였다.

培養溫度 21°C에서는 1,000 lux,  $3.44 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $1.14 \times 10^7$ , 4,000 lux,  $2.99 \times 10^7$ , 8,000 lux,  $2.19 \times 10^7$  cells/ml로 세포수의 증가를 나타냈고 4,000~8,000 lux에서 良好한 성장을 보였다.

培養溫度 25°C에서는 1,000 lux,  $2.69 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $1.01 \times 10^7$ , 4,000 lux,  $3.07 \times 10^7$ , 8,000 lux,  $3.43 \times 10^7$  cells/ml로 세포수가 증가하였고 조도間에 성장 차이가 뚜렷하였다.

*N. oculata*의 세포수의 성장상태는 各 온도 조건에서 조도간에 성장차이가 뚜렷하며 조도의 증가에 따라 세포수의 증가가 높은 傾向을 보였고 고온으로 갈수록 그 차이는 뚜렷하였다. 그리고 實驗溫度 21~25°C 범위에서는 4,000~8,000 lux의 높은조도에서 빠른 성장을 나타냈다.

*I. galvana*의 培養結果는 Fig. 4와 같고, 培養溫度 17°C에서는 1,000 lux,  $2.70 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $3.21 \times 10^6$ , 4,000 lux,  $4.12 \times 10^6$ , 8,000 lux,  $5.08 \times 10^6$  cells/ml로 세포수가 증가하였고 조도간에 큰 차이없이 성장하였다.

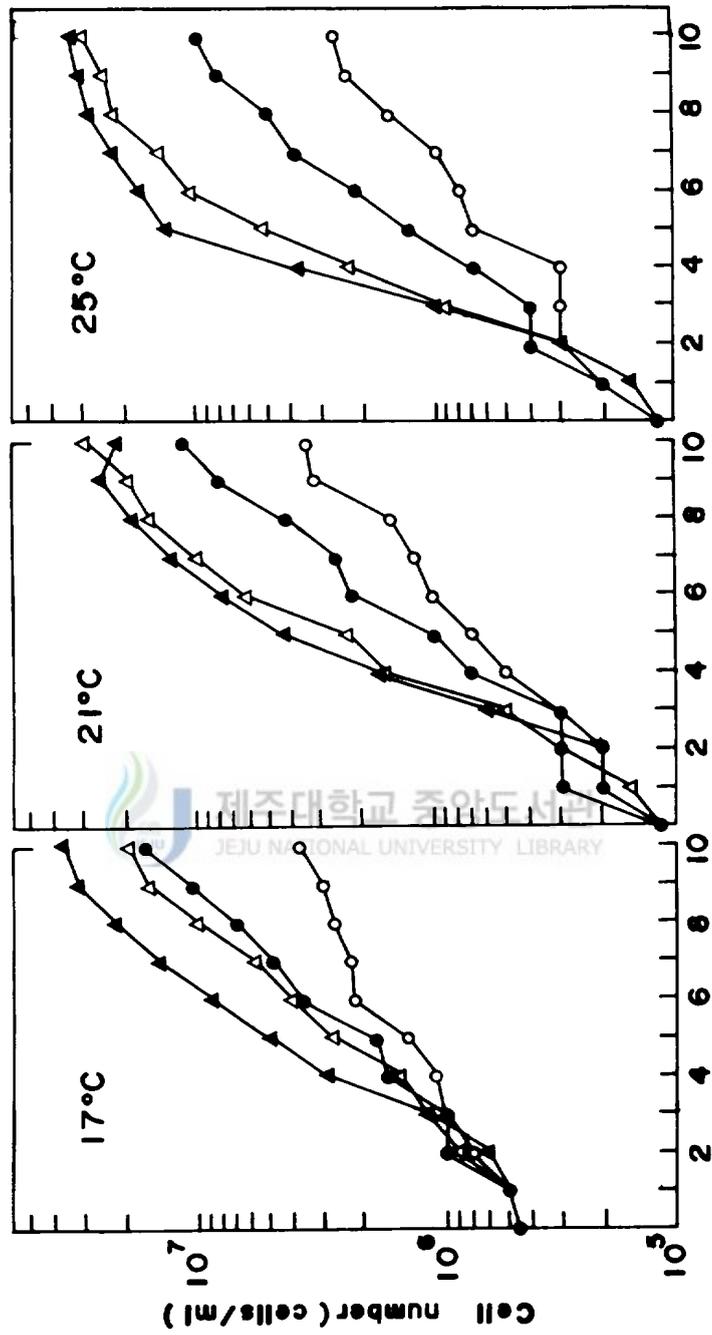


Fig. 3. Growth curves of *Nannochloropsis oculata* grown under 3 different water temperature at 4 light intensities (1,000, 2,000, 4,000 and 8,000 lux).  
 ○ : 1,000Lux ● : 2,000Lux △ : 4,000Lux ▲ : 8,000Lux

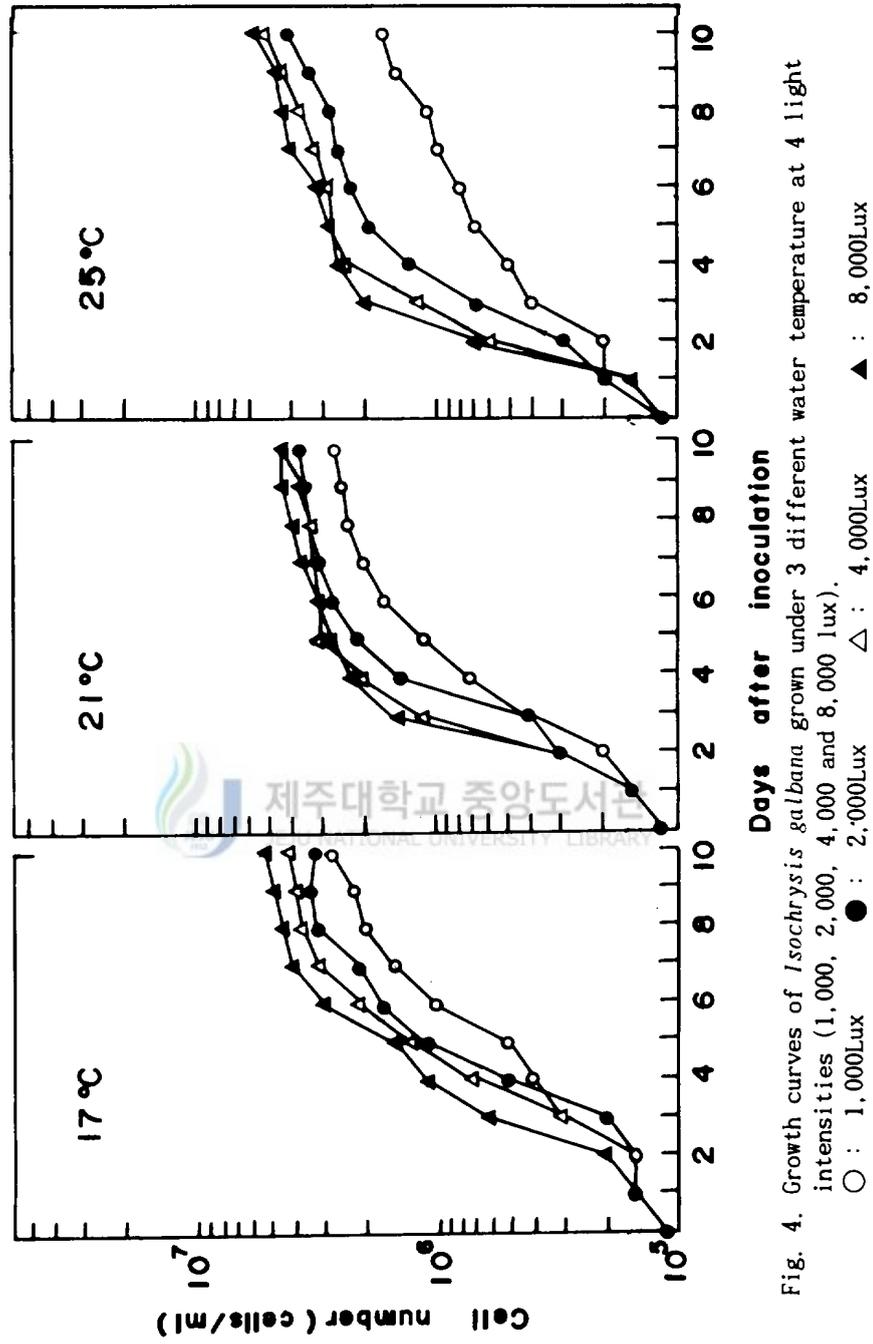


Fig. 4. Growth curves of *Isochrysis galbana* grown under 3 different water temperature at 4 light intensities (1,000, 2,000, 4,000 and 8,000 lux).

培養溫度 21°C에서는 1,000 lux,  $2.59 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $3.63 \times 10^6$ , 4,000 lux,  $4.26 \times 10^6$ , 8,000 lux,  $4.26 \times 10^6$  cells/ml로 증가하였으며 조도 2,000 ~ 8,000 lux 범위에서 성장이 良好하였다.

培養溫度 25°C에서는 1,000 lux,  $1.70 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $4.28 \times 10^6$ , 4,000 lux,  $5.24 \times 10^6$ , 8,000 lux,  $5.69 \times 10^6$  cells/ml로 증가했고 1,000 lux에서는 성장이 저조하였으나 2,000 lux 이상에서는 良好한 성장을 나타냈다.

*I. galvana*의 培養結果를 보면 培養水溫 25°C이상에서는 저온인 17°C, 21°C 조건과 비슷한 성장 상태를 보이고 있지만 고온으로 갈수록 低조도인 1,000 lux에서 성장이 저조한 傾向을 보였고 2,000 lux이상에서는 類似한 증가를 보였다.

*P. lutheri*의 培養結果는 Fig. 5와 같고, 培養溫度 17°C에서는 1,000 lux,  $2.73 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $3.71 \times 10^6$ , 4,000 lux,  $4.46 \times 10^6$ , 8,000 lux,  $4.50 \times 10^6$  cells/ml로 증가하였고 조도 1,000 lux와 2,000 lux에서 顯著한 차이를 보였으나 2,000 lux 이상에서는 類似한 傾向을 보였다.

培養溫度 21°C에서는 1,000 lux,  $3.23 \times 10^6$ , 2,000 lux,  $3.87 \times 10^6$ , 4,000 lux,  $3.56 \times 10^6$ , 8,000 lux,  $3.52 \times 10^6$  cells/ml로 세포수가 증가하였고 조도 간에 별다른 차이없이 良好한 성장 상태를 나타내고 있다.

培養溫度 25°C에서는 1,000 lux,  $6.47 \times 10^5$ , 2,000 lux,  $1.89 \times 10^6$ , 4,000 lux,  $1.76 \times 10^6$ , 8,000 lux,  $2.39 \times 10^6$  cells/ml로 세포수가 증가하였으나 17°C, 21°C에 비해 전체적으로 성장이 저조하였다.

*P. lutheri*는 온도 25°C이상에서는 성장이 저조하여 고온조건이 성장 저해 요인으로 나타났다.

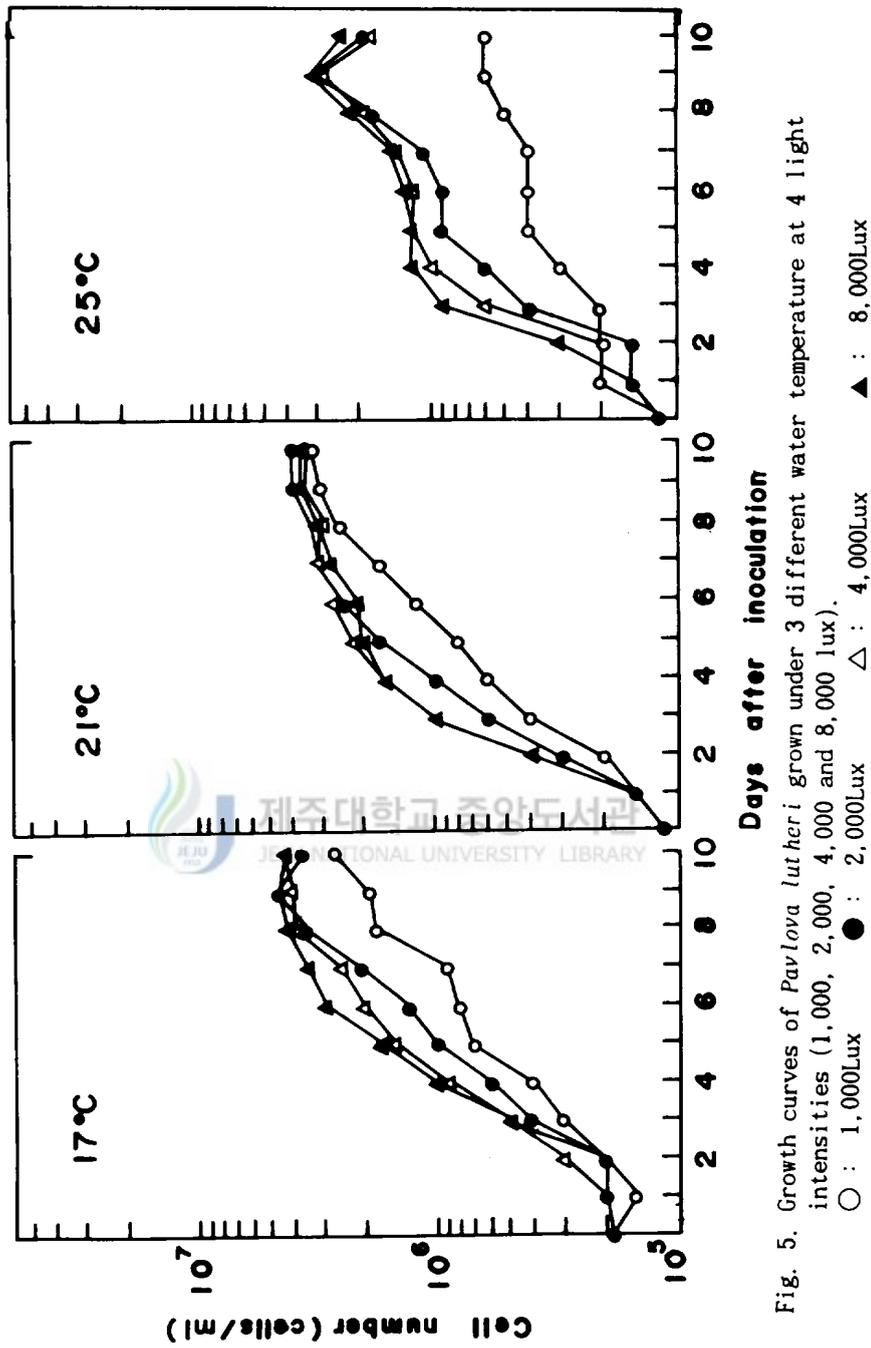


Fig. 5. Growth curves of *Pavlova lutheri* grown under 3 different water temperature at 4 light intensities (1,000, 2,000, 4,000 and 8,000 lux).

○ : 1,000Lux ● : 2,000Lux △ : 4,000Lux ▲ : 8,000Lux

## 2. 成長率

*C. minutissima*의 매일 증가한 세포수를 前記 式 1에 따라 계산한 하루중 세포분열회수 즉 성장율로 나타내면 Fig. 6과 같다. 최대성장은 25°C에서 볼 수 있었으며 대부분 접종후 6일 이내에 일어났다. 각 시험구에서 최대성장율과 10일간의 성장율을 평균한 1일 평균성장율은 Table 2와 같다.

최대성장율과 평균성장율은 溫度와 조도가 증가할 수록 높아지는 傾向을 보였다.

Table 2. The Maximum and Mean Growth Rates of *Chlorella minutissima* Cultured

Division	Lux	17°C	21°C	25°C
Max. cell	1,000	0.344	0.659	0.471
	2,000	0.418	0.696	0.605
	4,000	0.498	0.784	0.868
	8,000	0.606	0.900	0.902
Mean cell	1,000	0.289 <sup>a</sup>	0.517 <sup>a</sup>	0.361 <sup>a</sup>
	2,000	0.317 <sup>a</sup>	0.571 <sup>a</sup>	0.527 <sup>b</sup>
	4,000	0.434 <sup>b</sup>	0.678 <sup>b</sup>	0.720 <sup>c</sup>
	8,000	0.455 <sup>b</sup>	0.709 <sup>b</sup>	0.697 <sup>c</sup>

Values are means from replicate groups and means in each row with a different superscript are significantly different (17, 21, 25°C : P<0.01).

各 조도간의 성장율에 대한 유의성 검정결과는 17°C와 21°C에서는 2,000 이하와 4,000 lux 이상에서 유의차를 보였고 25°C에서는 1,000과 2,000 lux, 2,000과 4,000 lux에서 유의차를 보였다.

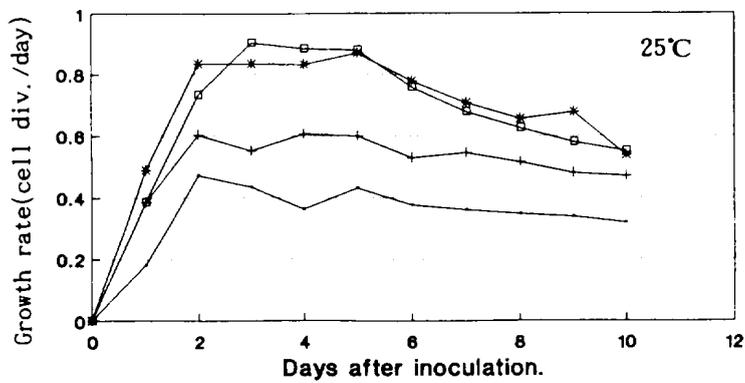
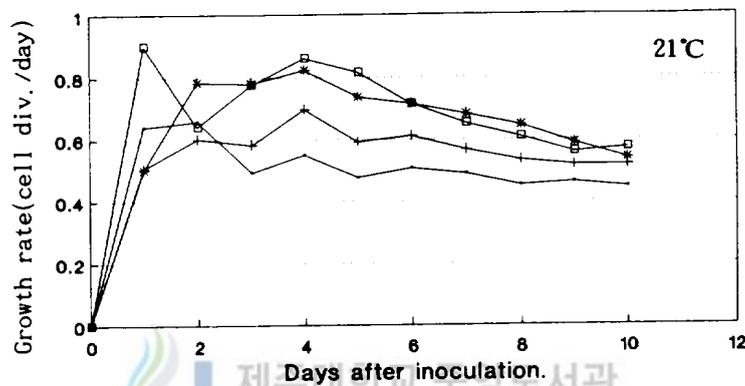
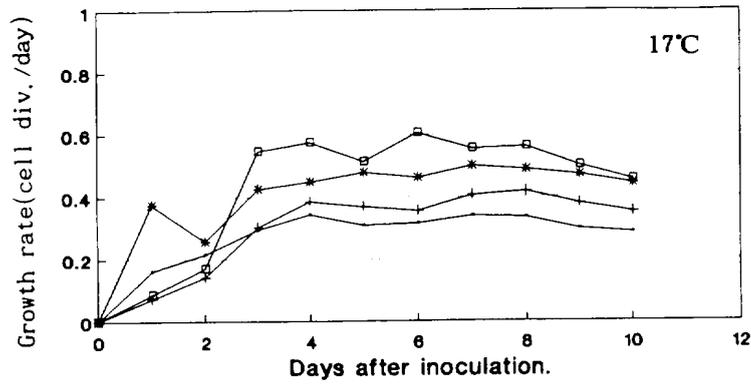


Fig. 6. Growth rates of *Chlorella minutissima* cultured in the P. ES medium under the various light intensities controlled salinity 32‰ and L : D cycle 14 : 10. Growth rate is calculated by the equation of  $K = (1/t_2 - t_1) \ln(N_2 - N_1)$ .

— 1,000 lux    + 2,000 lux    \* 4,000 lux    □ 8,000 lux

온도가 평균성장율에 미치는 영향을 식 2에 따라 4°C 및 8°C 간격으로 Q<sub>10</sub>을 구하였다. Table 3에서 *C. minutissima*의 Q<sub>10</sub> 값을 보면 17~21°C 구에서는 높은 값을 나타내고 조도가 강해질 수록 값은 낮아졌다. 21~25°C 구에서는 4,000 lux에서 높았으며 17~25°C 구에서는 2,000 lux에서 높았고 조도가 강해질수록 감소했다.

Table 3. Temperature Coefficients(Q<sub>10</sub>) of Growth Rates Calculated for 4 and 8°C Temperature Intervals at Four Different Irradiances

	Temp. (°C)	1,000 lux	2,000 lux	4,000 lux	8,000 lux
Mean	17 ~ 21	4.280	4.354	3.050	3.031
	21 ~ 25	0.407	0.818	1.162	0.958
	17 ~ 25	1.321	1.888	1.883	1.704

*C. pyrenoidosa*에 있어서 일간성장은 Fig. 7에서 보는 바와 같고 최대성장은 17°C의 8,000 lux에서 볼 수 있었으며 대부분 접종 후 5일 이내에 일어났다. 일간최대성장율과 평균성장율은 Table 4에서 보는 바와 같다.

일간최대성장율은 수온 25°C까지는 조도가 높아질수록 높은 값을 보였다.

측 조도간의 성장율에 따른 유의성 검정결과는 17°C때 전조도 시험구간에서 8,000 lux에서만 유의차를 보였다. 21°C에서는 전조도시험구에서 1,000과 2,000 lux이상에서 유의차가 나타났다. 25°C에서는 1,000과 2,000 lux, 2,000과 4,000 lux에서 유의차를 보였다.

전체 시험온도 구간에서 1,000 lux구가 다른 조도구에 비하여 낮은 일간최대 성장율과 평균성장율을 나타냈다.

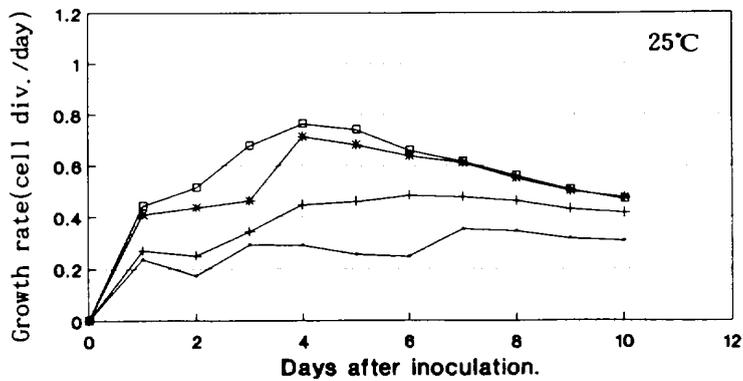
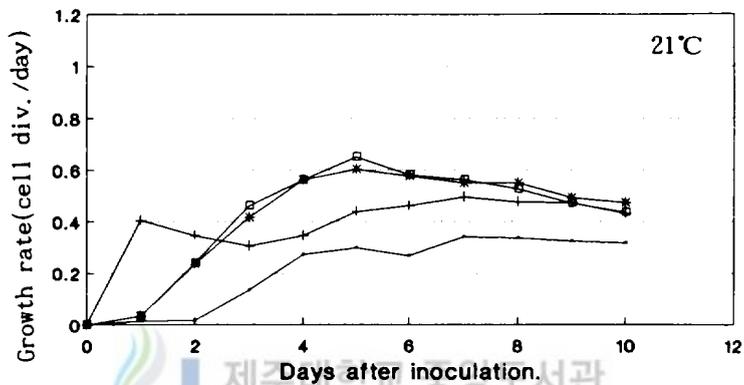
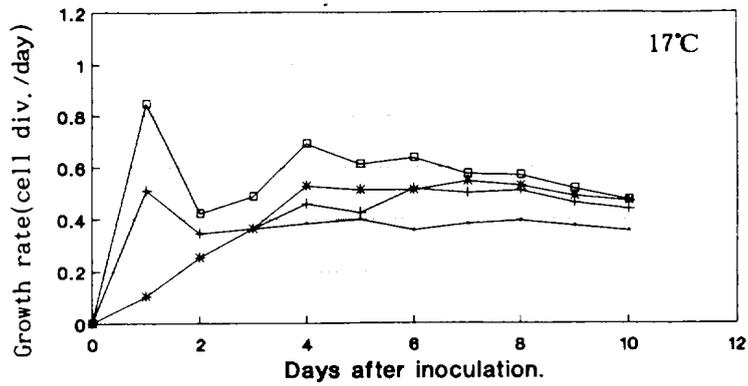


Fig. 7. Growth rates of *Chlorella pyrenoidosa* cultured in the P. ES medium under the various light intensities controlled salinity 32‰ and L : D cycle 14 : 10. Growth rate is calculated by the equation of  $K = (1/t_2 - t_1) \ln(N_2 - N_1)$ .

— 1,000 lux    + 2,000 lux    \* 4,000 lux    □ 8,000 lux

Table 4. The Maximum and Mean Growth Rates of *Chlorella pyrenoidosa* Cultured

Division	Lux	17°C	21°C	25°C
Max. cell	1,000	0.510	0.338	0.354
	2,000	0.517	0.497	0.485
	4,000	0.530	0.604	0.711
	8,000	0.847	0.651	0.763
Mean cell	1,000	0.387 <sup>a</sup>	0.233 <sup>a</sup>	0.281 <sup>a</sup>
	2,000	0.453 <sup>a</sup>	0.418 <sup>b</sup>	0.380 <sup>b</sup>
	4,000	0.431 <sup>a</sup>	0.449 <sup>b</sup>	0.548 <sup>c</sup>
	8,000	0.583 <sup>b</sup>	0.452 <sup>b</sup>	0.595 <sup>c</sup>

Values are means from replicate groups and means in each row with a different superscript are significantly different (17, 21, 25°C : P<0.01).

Table 5에서 *C. pyrenoidosa*의  $Q_{10}$  값을 보면 17~21°C 구에서는 4,000 lux에서 높은 값을 나타내고 있고, 21~25°C 구에서는 8,000 lux에서 1.988로 가장 높은 값을 나타냈다. 17~25°C 구에서는 조도가 강해질 수록 높아져 4,000 lux에서 높은 값을 나타냈다.

Table 5. Temperature Coefficients( $Q_{10}$ ) of Growth Rates Calculated for 4 and 8°C Temperature Intervals at Four Different Irradiances

Temp. (°C)	1,000 lux	2,000 lux	4,000 lux	8,000 lux
17 ~ 21	0.281	0.817	1.107	0.529
Mean 21 ~ 25	1.597	0.787	1.645	1.988
17 ~ 25	4.318	5.586	2.507	1.802

*N. oculata*에 있어서의 일간성장은 Fig. 8에 나타난 바와 같다. 최대성장은 21°C의 2,000 lux에서 보였으며 대부분 접종후 5日 이내에 나타났다.

일간최대성장율과 평균성장율은 Table 6에 나타났다. 일간최대성장율은 17°C와 25°C에서는 조도가 높아질수록 높은값을 보였으나 21°C에서는 2,000 lux에서 최고값을 나타냈다. 평균성장율은 전온도구간에서 조도가 높을 수록 높은값을 보였다.

Table 6. The Maximum and Mean Growth Rates of *Nannochloropsis oculata* Cultured

Division	Lux	17°C	21°C	25°C
Max. cell	1,000	0.264	0.693	0.693
	2,000	0.363	1.098	0.693
	4,000	0.398	0.693	0.797
	8,000	0.495	0.752	0.986
Mean cell	1,000	0.204 <sup>a</sup>	0.400 <sup>a</sup>	0.396 <sup>a</sup>
	2,000	0.302 <sup>b</sup>	0.536 <sup>a,b</sup>	0.533 <sup>a,b</sup>
	4,000	0.321 <sup>b</sup>	0.563 <sup>b</sup>	0.641 <sup>b,c</sup>
	8,000	0.387 <sup>b</sup>	0.631 <sup>b</sup>	0.701 <sup>c</sup>

Values are means from replicate groups and means in each row with a different superscript are significantly different(17, 25°C : P<0.01, 21°C : P<0.05)

各 조도간의 성장율에 따른 유의성 검정결과는 17°C때 1,000과 2,000 lux 이상에서 유의하였고, 21°C에서는 1,000과 4,000 lux, 1,000과 8,000 lux에서 유의차를 보였다. 25°C에서는 1,000과 4,000 lux, 1,000과 8,000 lux, 2,000과 8,000 lux에서 유의차가 나타났다. Table 7에서 *N. oculata*의 Q<sub>10</sub> 값을 보면 17~21°C 구에서는 1,000 lux 低照度에서 높은값을 나타내고 있고 21~25°C 구에서는 4,000 lux에서 높은값을 나타내고 있다. 그리고 17~25°C 구에서도 4,000 lux에서 높은값을 나타내고 있다.

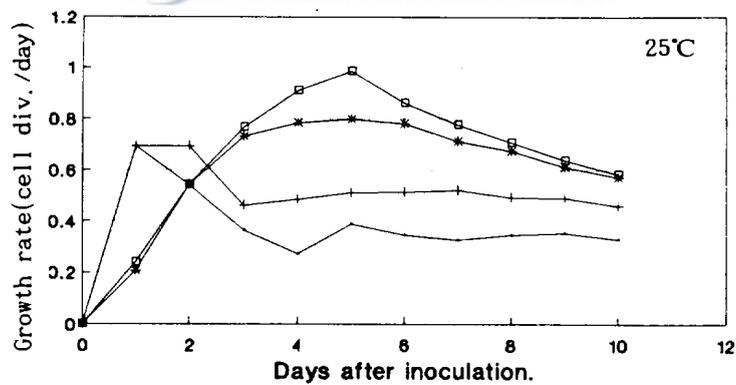
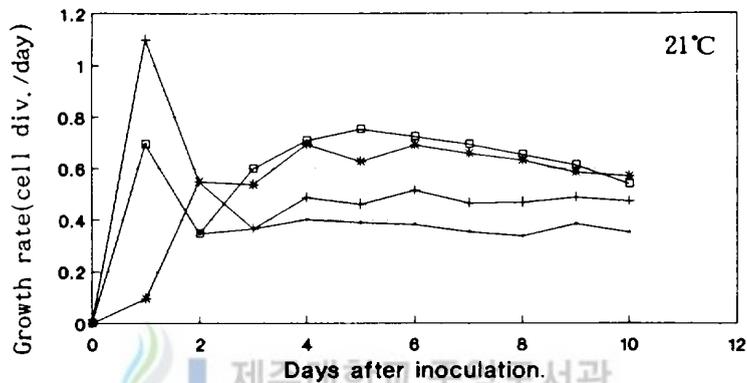
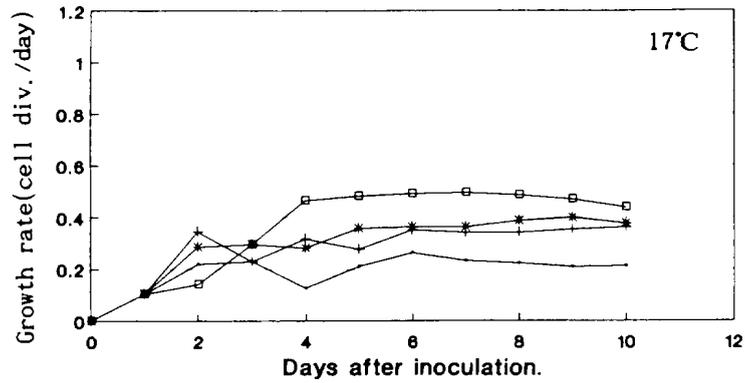


Fig. 8. Growth rates of *Nannochloropsis oculata* cultured in the P. ES medium under the various light intensities controlled salinity 32‰ and L : D cycle 14 : 10. Growth rate is calculated by the equation of  $K = (1/t_2 - t_1) \ln(N_2 - N_1)$ .

— 1,000 lux    + 2,000 lux    \* 4,000 lux    □ 8,000 lux

Table 7. Temperature Coefficients(Q<sub>10</sub>) of Growth Rates Calculated for 4 and 8°C Temperature Intervals at Four Different Irradiances

Temp. (°C)	1,000 lux	2,000 lux	4,000 lux	8,000 lux
17 ~ 21	5.383	4.196	4.073	3.394
Mean 21 ~ 25	0.975	0.986	1.383	1.300
17 ~ 25	2.291	2.034	2.374	2.101

*I. galbana*에 있어서의 일간성장은 Fig. 9에서 보는 바와 같이 최대성장은 25°C, 8,000 lux에서 볼 수 있었고 전온도구간에서 3일 이내에 나타났다.

일간최대성장율과 평균성장율은 Table 8에 나타났다. 일간최대성장율은 전 온도구간에서 조도가 높을수록 높게 나타났고 평균성장율도 같은 傾向을 보였으나 21°C구에서는 4,000 lux와 8,000 lux는 같게 나타났다.

Table 8. The Maximum and Mean Growth Rates of *Isochrysis galbana* Cultured

Division	Lux	17°C	21°C	25°C
Max. cell	1,000	0.390	0.502	0.488
	2,000	0.485	0.650	0.640
	4,000	0.509	0.754	0.876
	8,000	0.597	0.876	1.006
Mean cell	1,000	0.298 <sup>a</sup>	0.366	0.360 <sup>a</sup>
	2,000	0.348 <sup>ab</sup>	0.451	0.523 <sup>b</sup>
	4,000	0.361 <sup>b</sup>	0.529	0.517 <sup>b</sup>
	8,000	0.481 <sup>b</sup>	0.529	0.607 <sup>b</sup>

Values are means from replicate groups and means in each row with a different superscript are significantly different(17, 25°C : P<0.05,).

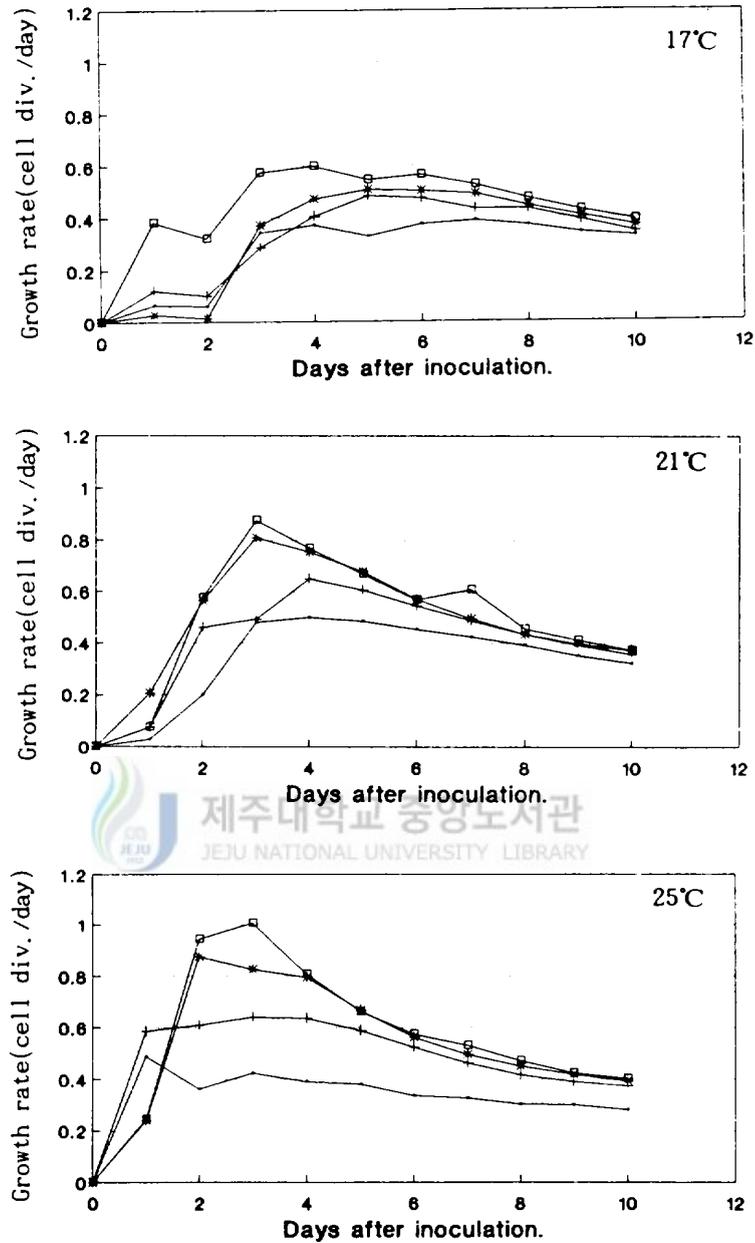


Fig. 9. Growth rates of *Isochrysis galvana* cultured in the P. ES medium under the various light intensities controlled salinity 32‰ and L : D cycle 14 : 10. Growth rate is calculated by the equation of  $K = (1/t_2 - t_1) \ln(N_2 - N_1)$ .

— 1,000 lux    + 2,000 lux    \* 4,000 lux    □ 8,000 lux

측 조도간의 성장율에 따른 유의성 검정결과는 17℃때 1,000과 4,000 lux, 1,000과 8,000 lux에서 유의하였고, 21℃에서는 全照度 범위에서 유의차를 보이지 않았다. 25℃에서는 1,000과 2,000 lux 이상에서 유의차를 보였다.

Table 9에서 *I. galbana*의  $Q_{10}$  값은 17~21℃ 구에서는 1.268~2.599의 값을 나타내고 있고 4,000 lux에서 최고의 값을 나타내고 있다. 21~25℃ 구에서는 2,000 lux에서 높은값을 나타냈다. 17~25℃ 구에서도 2,000 lux에서 높은 값을 나타냈고 조도가 강해질수록 감소했다.

Table 9. Temperature Coefficients( $Q_{10}$ ) of Growth Rates Calculated for 4 and 8℃ Temperature Intervals at Four Different Irradiances

Division	Temp. (℃)	1,000 lux	2,000 lux	4,000 lux	8,000 lux
Mean	17 ~ 21	1.671	1.912	2.599	1.268
	21 ~ 25	0.959	1.448	0.944	1.410
	17 ~ 25	1.267	1.663	1.567	1.338



*P. lutheri*의 일간성장은 Fig. 10에 나타난 바와 같이 최대성장은 21℃, 8,000 lux에서 볼 수 있었으며 대부분 3일 이내에 나타났다.

일간최대성장율과 평균성장율은 Table 10과 같다. 일간최대성장율은 17℃ 때, 4,000 lux에서 나타났고 21℃와 25℃에서는 8,000 lux에서 높았다. 평균성장율도 17℃에서는 4,000 lux에서 높게 나타났지만 21℃이상에서는 8,000 lux에서 높게 나타났고 온도면에서 보면 25℃이상에서 감소하는 傾向을 보였다.

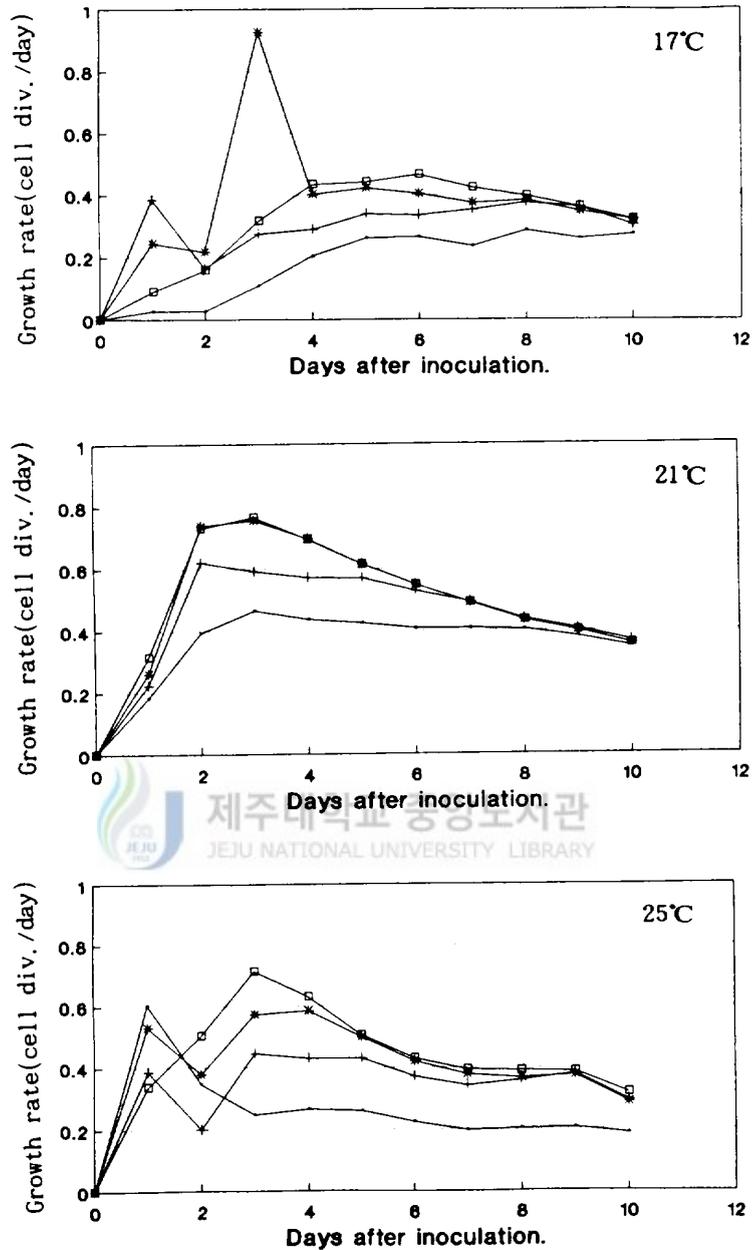


Fig. 10. Growth rates of *Pavlova lutheri* cultured in the P. ES medium under the various light intensities controlled salinity 32‰ and L : D cycle 14 : 10. Growth rate is calculated by the equation of  $K = (1/t_2 - t_1) \ln(N_2 - N_1)$ .

— 1,000 lux    + 2,000 lux    \* 4,000 lux    □ 8,000 lux

Table 10. The Maximum and Mean Growth Rates of *Pavlova lutheri* Cultured

Division	Lux	17°C	21°C	25°C
Max. cell	1,000	0.286	0.464	0.604
	2,000	0.385	0.622	0.445
	4,000	0.925	0.756	0.572
	8,000	0.464	0.766	0.713
Mean cell	1,000	0.195 <sup>a</sup>	0.384	0.273 <sup>a</sup>
	2,000	0.318 <sup>b</sup>	0.480	0.362 <sup>ab</sup>
	4,000	0.404 <sup>b</sup>	0.529	0.438 <sup>b</sup>
	8,000	0.341 <sup>b</sup>	0.534	0.459 <sup>b</sup>

Values are means from replicate groups and means in each row with a different superscript are significantly different(17, 25°C : P<0.01).

各 조도간의 성장율에 따른 유의성 검정결과는 17°C에서는 1,000 lux와 2,000 lux이상에서 유의차가 나타났으나 21°C에서는 전온도 범위에서 유의차가 나타나지 않았다. 25°C때는 1,000과 4,000 lux, 1,000과 8,000 lux에서 유의차를 보였다.

Table 11에서 *P. lutheri*의 Q<sub>10</sub> 값을 보면 낮은온도 17~21°C구에서는 1,000 lux에서 높은값을 나타내고 21~25°C에서는 강한 조도에서 높은값을 나타냈다. 그리고 17~25°C구에서는 1,000 lux에서 높은값을 나타냈다.

Table 11. Temperature Coefficients(Q<sub>10</sub>) of Growth Rates Calculated for 4 and 8°C Temperature Intervals at Four Different Irradiances

Division	Temp(°C)	1,000 lux	2,000 lux	4,000 lux	8,000 lux
Mean	17 ~ 21	5.441	2.799	1.961	3.068
	21 ~ 25	0.426	0.493	0.623	0.684
	17 ~ 25	1.523	1.176	1.106	1.450

### 3. rotifer의 壽命 및 總 産卵數

rotifer배양실험은 온도 25°C, 29°C에 있어서 鹽分條件을 15, 25 및 35‰로 설정하여 初産時令 및 壽命, 總産仔數를 조사한 觀察 結果를 Table 12, 13에 나타냈다. 25°C에서 15, 25 및 35‰로 조정된 flat bottom에서의 L-type, rotifer의 初産時令은 50시간, 45시간, 57시간이었고, S-type rotifer에 있어서는 33, 46 및 50시간, Thai-type은 30, 34 및 41시간 이었다.

29°C에서 15, 25 및 35‰로 조정된 flat bottom에서의 L-type rotifer의 初産時令은 36, 48 및 60시간이었고, S-type과 Thai-type rotifer는 전 구간에서 24시간으로 나타났으며, 3-type의 rotifer는 배양온도 29°C에서 初産時令이 빠르게 나타났다.

rotifer의 壽命은 25°C가 29°C보다 3-type모두 길었고 총산란수에 있어서는 25°C가 고온인 29°C보다 많은 편이었다. 그리고 type별 총산란수를 비교해보면 L-type보다 S-type, Thai-type이 많은 수치를 나타냈다.

rotifer 배갑장 크기에 있어서는 25°C에서 L-type  $169\sim 312\mu\text{m}(253\pm 35)$ , S-type  $113\sim 185\mu\text{m}(156\pm 21)$ , Thai-type  $108\sim 170\mu\text{m}(146\pm 18)$ 로 Thai-type이 S-type보다도 작게 나타났다.

온도 29°C에서도 L-type  $165\sim 290\mu\text{m}(236\pm 36)$ , S-type  $107\sim 180\mu\text{m}(148\pm 21)$ , Thai-type  $96\sim 165\mu\text{m}(132\pm 14)$ 로 역시 Thai-type이 작게 나타났다.

배양온도에 따른 rotifer크기를 비교해보면 고온인 29°C가 3-type 모두 작게 나타났다.

Table 12. Results of the Growth Parameter Observation of the Rotifer *Brachionus plicatilis* Cultured under 25°C Conditions  
(L : Large, S : Small, Thai : Thailand)

Strain	Salinity (‰)	Initial offspring ages(hour)	Life span (day)	Total offspring number
L-type (169~312μm)	15	50	11	18
	25	45	10	17
	35	57	8	12
S - type (113~185μm)	15	33	8	18
	25	46	8	18
	35	50	8	17
Thai-type (108~170μm)	15	30	8	19
	25	34	7	18
	35	41	7	18

Table 13. Results of the Growth Parameter Observation of the Rotifer *Brachionus plicatilis* Cultured under 29°C Conditions  
(L : Large, S : Small, Thai : Thailand)

Strain	Salinity (‰)	Initial offspring ages(hour)	Life span (day)	Total offspring number
L - type (165~290μm)	15	36	7	16
	25	48	10	13
	35	60	8	11
S - type (107~180μm)	15	24	7	16
	25	24	6	15
	35	24	6	12
Thai-type (96~165μm)	15	24	7	18
	25	24	7	16
	35	24	6	16

## Ⅳ. 考 察

식물플랑크톤 배양에 있어서 온도와 조도는 성장을 지배하는 중요한 조건의 하나이다. 그러나 이러한 요인들은 單一的이 아닌 相互作用에 의해 성장에 영향을 미친다.

金(1990)은 본 연구의 실험대상종인 *C. minutissima*를 Provasoli ES 培地를 사용하여 수온  $17\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 조도별로 실험을 실시한 결과 4,000 lux이상에서 성장이 잘된다고 보고하였고, 또한 同培地에서 수온  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ , L : D cycle 14 : 10, 조도 4,000 lux의 조건에서 7일간 배양하여 평균성장율 0.71로 보고하였다. 본 연구에서는 同培地로 수온  $21^{\circ}\text{C}$ , L : D cycle 14 : 10, 조도 4,000 lux의 조건에서 10일간 배양하여 0.68의 평균성장율을 나타내어 약간 저조하게 성장했으나 실험 온도마다 4,000 lux이상에서 높은성장을 보여 앞에서의 결과와 일치하고 있다.

許, 金(1988)은 *C. pyrenoidosa*를 캄프살 배양액에서 온도  $20^{\circ}\text{C}$ , 조도 3,500 lux, 연속조명의 조건에서 10일간 배양하여 0.76의 평균성장율을 보고하였고, 金(1990)은 同種을 Provasoli ES배지로 수온  $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ , L : D cycle 14 : 10, 조도 5,000 lux의 조건에서 0.56의 평균성장율을 보고하였다.

본 연구에서, 온도  $21^{\circ}\text{C}$ 와  $25^{\circ}\text{C}$ 에서, 조도 4,000 lux, L : D cycle 14 : 10의 조건에서 10일간 배양한 평균성장율은 0.45, 0.55로서 許, 金(1988)에 비해서는 저조하였으나 金(1990)의 결과와는 類似하게 나타났다.

*Nannochloropsis oculata*에 관한 연구로는 千原 · 原(1987)에 의해 *Nannochloris oculata*에서 *N. oculata*로 改名되었고, 許 等(1989)은 수온  $26^{\circ}\text{C}$ , 조도 5,000 lux, L : D cycle 24 : 0의 조건에서 평균성장율 1.07로 良好한 성장을 보고하였고, 岡內 等(1990)은 수온  $25^{\circ}\text{C}$ , 조도 3,000~4,000 lux, L : D cycle 24 : 0, 鹽分 30‰ 조건에서 Guillard and Ryther(1962) 배양액을 사용하여 7일간 배양한 결과 평균성장율은 0.88이었다.

본 연구에서는 수온 25°C, 조도 4,000 lux, L : D cycle 14 : 10, 晝分 32% 조건에서 Provasoli ES 배양액으로 7일간 배양한 결과 평균성장율은 0.64로서 앞에서의 보고와 비교할 때 저조한 성장율을 보였는데 이는 L : D cycle의 차이, 즉 조명시간의 큰 차이에서 基因한 것으로 생각된다.

*I. galbana*의 성장적은 범위에 대하여 Ukeles(1961)는 15°C에서 가장 성장이 빨랐으나 24~25°C에서 성장이 정체 된다고 한것에 비하여 Kain et al. (1958)은 20~25°C가 적온범위라고 하였고, 柳(1984)는 15~25°C는 대체로 적정범위 이지만 조도에 따라서 성장율이 크게 달라져서 20°C와 25°C에서 다 같이 3,000 lux에서 성장율이 최대값을 보였지만 15°C-3,000 lux가 세포 수의 증가적 면에서 볼 때 배양최적 조건이라고 지적하였으며 9,000 lux에서는 성장율이 감소하여 光 阻害現象이 나타났다고 하였다.

이 연구에서는 온도 17~25°C 범위에서 조도별 유의성 검정결과 2,000~8,000 lux범위에서 유의차를 보이지 않아 柳(1984), Kain et al.(1958)이 지적한 적온범위 15~25°C, 3,000 lux에 포함되었지만, 이들이 보고한 15°C, 9,000 lux에서의 光 阻害現象은, 본연구에서 17~25°C, 8,000 lux조건에서는 볼 수가 없었다.

朴 等(1986)은 *P. lutheri*를 온도 20°C, 5,000 lux로 연속조명한것과 14시간 조명하에서 15일간 배양한 결과, 성장율은 0.29, 0.21로 저조하였지만 光 阻害現象은 보이지 않았다고 하였으며 同研究에서 성장율이 낮았던 것은 세포의 成長末期까지 성장율을 구하여 평균했기 때문이라고 보고하였다.

본 연구에서는 21°C, 1,000 lux, 14시간 조명하에서 평균성장율은 0.38 이었고, 4,000 lux, 14시간 조명하에서는 0.53으로 조도가 증가할 수록 성장율도 증가하였으나 光 阻害現象은 보이지 않았고, 25°C, 4,000 lux에서는 평균성장율 0.44로 낮아져 온도가 저해요인으로 나타났다.

미세조류 5종의 배양결과를 종합하여 고찰하면 *C. minutissima*에 있어서는 온도 17~25°C에서 조도 1,000~8,000 lux까지의 전체적인 평균성장율에서는 21°C에서 높았지만, 최대값은 25°C, 4,000 lux에서 평균성장율 0.72로 나타났다.

*C. pyrenoidosa*에서 온도 17~25°C에서의 성장은 온도가 증가함에 따라 세포수가 빠르게 증가하여 온도 25°C, 8,000 lux에서 평균성장율 0.60으로 가장 높게 나타나 전자에 비하여 고온, 고조도에서 더 빠른 성장을 보였다.

*N. oculata*는 일반적으로 고온종으로 알려져있고 적정 증식조건에 대하여 Maruyama et al.(1986)은 수온 25°C, 염분 15~30‰, 조도 12 Klx의 조건이었다고 보고하였다. 本研究에서도 25°C, 8,000 lux에서 평균성장율 0.70, 최대성장율 0.99로 가장 빠른 성장을 보임으로서 앞에서의 보고와 類似한 傾向을 보였다.

*Chlorella sp.*, *N. oculata*의 배양실험에서 최대성장율이 나타나는 시기는 모두 6일 이내였고, 이것은 岡内 等(1990)이 *N. oculata*의 배양에서 온도 25°C, 조도 3~4 Klx, 연속조명의 조건에서 최대성장율 0.92로서 5~7일 이내에 나타났다는 보고와 일치하고 있다.

*I. galbana*와 *P. lutheri*는 17°C와 25°C에서의 조도별 유의차는 1,000과 2,000 lux이상에서 나타났고, 21°C에서는 1,000~8,000 lux까지 유의차가 나타나지 않는 것으로 보아 照度條件 보다는 온도조건이 성장에 더 크게 관여하였으며, *I. galbana*는 25°C, *P. lutheri*는 21°C에서 성장이 높게 나타났다.

최대성장율에 있어서는 柳(1984)가 *I. galbana*에 대한 배양실험에서 온도 15~25°C, 조도 1,000~9,000 lux의 조건에서 배양한 결과 최대성장은 모두 3일 이내에 나타났다고 하였고, 朴 等(1986)은 *P. lutheri*를 온도 20°C, 조도 1,000~5,000 lux에서 연속조명' 것과 14시간 조명한 실험결과에서도 최대성장이 3일 이내로 나타났다고 보고하였다.

本研究에 있어서도 *I. galbana*, *P. lutheri*를 온도 17~25°C, 조도 1,000~8,000 lux, L : D cycle 14 : 10의 조건에서 배양한 결과 최대성장이 모두 3일 이내로 나타나고 있어 앞에서의 보고와 일치하고 있다.

온도가 평균성장율에 미치는 영향을 알기 위하여 조사한  $Q_{10}$ 의 값은 *C. minutissima*에 있어서는 온도 17~21°C, 2,000 lux에서 가장 높게 나타난 데 비하여, *C. pyrenoidosa*는 21~25°C, 8,000 lux로서 고온조건과 높은 조도를 요구하였다.

柳(1984)는 *I. galbana*의 배양실험에서 나타낸  $Q_{10}$ 의 값은, 15~20°C에서는 3,000 lux, 20~25°C에서는 9,000 lux, 15~25°C에서는 3,000 lux에서 높게 나타났다고 하였다. 同種에 대한 본 연구결과에서도 Table 9에 나타낸 바와 같이 온도 17~21°C에서, 4,000 lux, 21~25°C에서는, 2,000 lux와 8,000 lux에서 높았으며, 17~25°C에서는 2,000 lux에서 높게 나타나 柳(1984)의 보고와 비슷한 傾向을 보였다. *P. lutheri*에 있어서는 온도 17~21°C, 1,000 lux에서 5.44로 낮은 온도구에서 높은 傾向을 보였다.

rotifer에 있어서 온도 25°C, 29°C의 조건에서 L-type, S-type, Thai-type의 초산시령은 Table 12와 13에 나타난 바와 같이 25°C에서, L-type은 45~57시간, S-type 33~50시간, Thai-type 30~41시간으로 Thai-type에서 가장 빠르게 나타났고, 온도 29°C에서도 L-type 36~60시간, S-type 24시간, Thai-type 24시간으로 S-type과 Thai-type가 빠르게 나타났다. 온도 25°C와 29°C를 비교해보면 29°C에서 빠르게 나타났고, 이것은 Mustahal et al. (1991)의 온도제어 연구에서 고온에서 빠르게 나타났고, 저온에서 느렸다는 보고와 일치하고 있다.

rotifer壽命에 대하여 Mustahal and Hirata(1991)는 L-type이 S-type보다 길다고 하였고, Mustahal et al. (1991)은 사육온도에 따른 수명은 低溫에서 길고, 高溫에서 짧았다고 보고하였다. 본 연구에서도 L-type이 S-type보다 더 길게 나타나, Mustahal and Hirata(1991)의 보고와 일치하였고, 사육 온도에서도 3-type 모두 25°C에서 29°C보다 수명이 길게 나타나 Mustahal et

al. (1991)의 보고와 일치하였다.

總産仔數에 대하여 石川縣増殖試驗場(1982)은 수온과 관계없이 거의 일정하다고 보고하였고, Mustahal and Hirata(1991)에 의하면 비교적 低鹽分에서 높고, 高鹽分에 있어서는 낮은値를 나타낸다고 하였다. 본 연구에서는 3-type모두 25°C에서 높았으며, 鹽分濃度에 있어서는 3-type모두, 15‰ 區에서 높게 나타나 앞에서의 보고와 일치하고있다.

背甲長의 크기에 대하여 福所(1983), Mustahal *et al.* (1991)은 低溫에서 크고, 高溫에서 작았다고 보고하였고, 본 연구에서도 3-type모두, 溫度 25°C가 29°C보다 더 크게 나타나 앞에서의 보고와 일치된 결과를 보였다.



## V. 要 約

微細藻類, *C. minutissima*, *C. pyrenoidosa*, *N. oculata*, *I. galbana*, *P. lutheri*를 溫度와 照度條件에 따른 成長을 調査하였다. 또한 *N. oculata*를 먹이로 하여 rotifer의 初産時令, 壽命 및 總産仔數 등을 調査한 結果는 다음과 같다.

1. *C. minutissima*의 成長結果는 25°C, 4,000 lux에서 日間平均成長率 0.72로 최대값을 보였고 10일째에 細胞數  $2.16 \times 10^7$  cells/ml이었다.

2. *C. pyrenoidosa*는 25°C, 8,000 lux에서 日間平均成長率은 0.60으로 최대값을 보였고 10일째의 세포수는  $2.75 \times 10^7$  cells/ml이었다.

3. *N. oculata*는 25°C, 8,000 lux에서 日間平均성장율 0.70으로 최대값을 보였고 세포수는 10일째에  $3.43 \times 10^7$  cells/ml로 증가했다.

4. *I. galbana*는 25°C, 8,000 lux 條件에서 日間平均成長率 0.61로 최대값을 보였고, 10일째 세포수는  $5.69 \times 10^6$  cells/ml이었다.

5. *P. lutheri*의 成長은 21°C, 8,000lux 조건에서 日間平均成長率은 0.53 이었고 10일째의 세포수는  $3.52 \times 10^6$  cells/ml이었다.

6. rotifer L-type, S-type, Thai-type 모든 種에서 25°C보다 高溫인 29°C상태에서 初産時令이 빨랐다. 壽命은 온도25°C에서 29°C보다 길었고, 鹽分濃度는 低鹽分인 상태에서 오래 살았다. 그리고 總産仔數는 低鹽分(15‰)에서 多産하는 경향을 보였다.

## VI. 参考文献

- 千原光雄・原慶明. 1987. 餌料藻類の分類と培養. 栽培漁業技術研修事業基礎理論コ-ステキスト集. 日本栽培漁業協會, 27~43.
- 趙殷涉. 1989. Large-type 및 Small-type rotifer의 繁殖生態 및 魚類仔魚 먹이로서의 效率, 釜山水産大學 碩士學位論文. 4~31.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple range and multiple F-tests. *Biometrics*, 11 : 1~42.
- Fabregas, J., Abalde, J., Herrero, C., Cabezas, B. and Veiga, M., 1984. Growth of the marine microalga *Tetraselmis suecica* in batch cultures with different salinities and nutrient concentrations. *Aquaculture*, 42 : 207~215.
- Guillard, R. R. L. and J. H. Ryther., 1962. Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt, and *Detonula confervacea*(Cleve) Gran. *Can. J. Microbiol.*, 229~239.
- Herrero, C., Cid, A., Fabregas, J. & Abalde, J., 1991. Yields in Biomass and Chemical Constituents of Four Commercially Important Marine Microalgae with Different Culture Media. *Aquaculture Engineering*, 10 : 99~110.
- 平野禮次郎. 1966. 水産種苗生産とプランクトンの培養, 日本プランクトン研究研絡會報, 13: 72~75.
- 平野克己・河野浩後. 1988. ワムシの攝餌と及ぼすクロレラの大きさ關する研究, 水産増殖, 35(4), 245~252.
- 平田郁夫. 1989. “飼料用微小藻類の大量培養”, 初期餌料生物-シオミズツボワムシ(福所邦彦, 平山和次編), 恒星社厚生閣, 73~85.

- Hirayama, K., Takagi and H. Kimura. 1979. Nutritional effect of the rotifer, *Brachionus plicatilis*, Bull. of the J. Soc. of Sci. Fisheries, 45(1), 11~16.
- 福所邦彦, 1983. シオミズツボウムシ-生物學と大量培養, 水産學シリーズ 44 : 41~48.
- 福所邦彦 · 平山和次. 1989. 初期餌料生物シオミズツボウムシ, 恒星社厚生閣, 240.
- 許聖範 · 金炫浚, 1988. Rotifer (*Brachionus plicatilis*) 飼育을 위한 *Chlorella*培養 I. 適種 *Chlorella*의 選擇. 韓國養殖學會誌, 1(2) : 135~143.
- 許聖範 · 李昌奎 · 李應昊. 1989. 高溫期 및 低溫期の Rotifer, *Brachionus plicatilis* 培養을 위한 適種 植物 먹이生物 選擇. 韓國養殖學會誌, 2(2), 91~106.
- 石川縣増殖試験場. 1982. 昭和56年度指定調査研究總合助成事業. 初期餌料の培養技術向上に關する研究報告書- I. p. 121.
- Kain, J. M. and Fogg, G. E., 1958. Studies on the growth of marine phytoplankton. II. *Isochrysis galbana*(Parke). J. mar. biol. Ass. U. K. 37 : 781~788.
- 川口智治 · 渡部哲光. 1986. 海産クロレラの微細構造に關する-考察, 水産増殖, 34(1), 57~60.
- 金炫浚. 1986. Rotifer飼育을 爲한 適種 *Chlorella*의 選擇 및 最適環境要因, 釜山水産大學 碩士學位論文, 12~42.
- 金敏敏. 1990. 微小藻類, *Chlorella minutissima*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Nannochloropsis oculata*의 成長에 關한 研究, 濟州大學校 碩士學位論文, 3~26.
- 權香味. 1986. 硅藻 *Chaetoceros calcitrans*의 成長에 미치는 照度の 影響, 釜山水産大學 碩士學位論文, 8~13.

- 李昌奎. 1988. 高溫期 및 低溫期の Rotifer 培養을 위한 適種植物 먹이生物 選擇, 釜山水產大學 碩士學位論文, 12~18.
- 林映秀. 1990. 넙치 種苗 生産을 위한 Rotifer와 *Aretemia nauplius*의 營養 強化效果, 釜山水產大學 碩士學位論文, 4~31.
- Lubzens, E. Kolodny, G., Perry, B., Galai, N., Sheshiski, R. and Wax, Y., 1990. Factors affection survival of rotifers(*Brachionus plicatilis* O.F. Muller) at 4°C. *Aquaculture*, 91 : 23~47.
- Maruyama, I., Nakamura, T., Matsubayashi, T., Ando, Y. and Maeda, T., 1986. *Jap. J. phycol.* 34 : 319~325.
- 文榮鳳. 1981. 輪蟲의 連續反復을 위한 適正輪蟲 接種密度와 適正 *Chlorella* 濃度에 對하여, 韓國水產學會誌, 14(2), 86~93.
- Mustahal, Hirata, H. 1991. Adaptability of five strains of the rotifer, *Brachionus plicatilis* at various salinities. *水產增殖*, 39(4) 447~453.
- Mustahal, Nishioka, Y., Yamasaki, S., and Hirata, H. 1991. A trial of species improvement in culture of the rotifer, *Brachionus plicatilis* 順應特性, *水產增殖*, 39(3) 295~301.
- 岡内正典. 1985. テトラセルミス *Tetraselmis tetrathele*의 大量培養と 餌料 價値. *栽培技研*, 14(2), 85~110.
- 岡内正典. 1989. “餌料用微小藻類의 大量培養” 初期餌料生物シオミズツボムシ (福所邦彦 · 平山和次 編), 恒星社厚生閣, 240.
- 岡内正典 · 周 文堅 · 婉虹 · 福所邦彦 · 金澤所夫. 1990. 異なる増殖相 におけるナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata*의 營養價의 相 違, *日本水產學會誌*, 56(8), 1293~1298.
- 朴斗元 · 柳晟奎 · 盧龍吉 · 柳浩英. 1986. 植物性 먹이生物 *Monochrysis lutheri*(Droop)의 量的 및 質的 成長에 미치는 照度의 影響, 國立 水產振興院 研究報告, 39 : 73~88.

- Provasoli, L. 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae, Jap., SOC., plant physiol., 63~75.
- 卞忠圭 · 宋一萬. 1970. 重要조개류 幼生期에 필요한 먹이 生物의 培養에 관한 研究, 韓國水産學會誌, 3(1), 1~6.
- 青海忠久 · 福所邦彦 · 西中弘興 · 村田八郎 · 渡邊 武. 1980. 油脂酵母ワムシの量産における クロレラ併用の效果, 水産増殖, 28(3), 115~121.
- Snell, T.W., Bieberich, C.J. and Fuerst, R., 1983. The effects of green and blue-green algal diets on the reproductive rate of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Aquaculture, 31 : 21-30.
- Spektorova, L. V., L. P., Nosova, O. I., Goronkova, O. N. Albitskaya and Yu. N., Filippovskij. 1986. High-density Culture of marine microalgae-promising items for mariculture. II. Determination of optimal light regime for *Chlorella* sp. marina under high-density culture conditions. Aquaculture, 55 : 221~229.
- 田宮 博 · 渡邊 篤. 1965. "1-3. 微細藻類培養法", 藻類實驗法, 南江堂, 46~78.
- 梅林 修. 1961. 餌料生物としての *Chaetoceros simplex*의 培養について, 水産増殖, 9(3), 147~150.
- Ukeles, R. 1961. The effect of temperature on the growth and survival of several algal species. Biol. Bull., 120(2), 255~264.
- 渡邊 武 · 大和史人 · 北島 力. 1979. シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis*의 營養價と w3高度不飽和酸, 日本水産學會誌, 45(7), 883-889.
- Witt, U., P. H., Koske, D., Kuhlmann, J., Lenz and W., Nellen. 1981. Production of *Nannochlorosis* spec.(CHLOROPHYCEAE) in Large-scale outdoor tanks and its use as a food organism in marine, Aquaculture, 23 : 171~181.

- 山崎繁久・平田八郎. 1985. シオミズツボウムシ(*Brachionus plicatilis*)の  
攝餌率 および増殖率に及ぼす給餌密度の影響, 水産増殖, 32(4), 225  
~229.
- 山崎繁久・平田八郎. 1986. S型及L型シオミズツボウムシ攝餌率, 水産増殖,  
34(2), 137~140.
- 柳晟奎. 1970. 貝類種苗의 大量生産時에 필요한 먹이 生物의 培養에 관한  
研究, 韓國水産學會誌, 3(1), 2~6.
- 柳浩英. 1984. 먹이生物 *Isochrysis galvana*(Parke)의 成長에 미치는 照度와  
溫度의 影響, 釜山水産大學 博士學位論文, 40 : 21~42.



## Ⅶ. 謝 辭

모자람이 많았던 저를 늘 일깨워 주시고 학문의 문턱에 들어설 수 있도록 아낌없는 지도를 주신 변중규 교수님께 감사의 말씀을 올립니다.

그리고 바쁘신 가운데서도 부족한 저의 논문을 열과 성으로 정성스럽게 다듬어 주신 노 섬 교수님과 논문심사와 지도에 노고가 많으셨던 백문하 교수님께 감사드립니다. 또한 항상 관심을 갖고 조언과 지도 편달을 주신 이정재 교수님, 정상철 교수님, 이기완 교수님에게도 깊은 감사드립니다.

본 논문을 수행함에 있어 자료정리에 힘써준 대학원생 황형규, 먹이생물연구실의 양우주, 김봉근, 김승아, 이병문, 김필연에게도 고마움을 포함합니다.

끝으로 주위에서 많은 충고와 도움을 주신분들과 학업에 전념할 수 있도록 묵한없는 사랑과 정성으로 돌봐주신 부모님, 형님, 누나, 동생과 어려울 때마다 용기를 북돋아 준 유정씨에게 시작에 불과한 이 작은 결실을 바칩니다.

