

附着性橈脚類 *Tigriopus japonicus*의最適培養環境

朴欽基·許聖範

釜山水產大學校 養殖學科

Optimum Culture Environment of the Benthic Copepod, *Tigriopus japonicus*

Huem Gi PARK and Sung Bum HUR

Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan, Nam-gu,
Pusan 608-737, Korea

ABSTRACT

The harpacticoid copepod, *Tigriopus japonicus* is one of the most important zooplankton as a live food for the production of marine fish fry. Thus, the salinity tolerance and the optimum culture environment of this copepod in terms of salinity, temperature and light were examined. The food values of 6 kinds of phytoplankters and 2 kinds of yeast were also investigated for mass culture of this copepod. The results are as follows:

After 5 day culture in the experiment of salinity tolerance, the survival rates of the gravid female at 0‰ and 90‰ were 40% and 70%, respectively. However, at salinity ranging from 2‰ to 80‰, high survival rates above 85% were observed. It means *T. japonicus* is very euryhalinous species.

Temperature was more important factor than salinity for the fecundity of *T. japonicus*. The optimum culture conditions of this species were 24°C, 24‰, and 3,000 lux with 24 L:0 D. Under these culture conditions, the average fecundity from a gravid female per spawning was 38 nauplii, and the interval time between spawnings were 2.05 days.

Phaeodactylum tircornutum seemed to be the most suitable phytoplankton as a live food for *T. japonicus*, and the large chlorophyta, *Tetraselmis suecica* showed the lowest food value among 6 phytoplankters and 2 yeasts. The food value of ω -yeast was better than that of baker's yeast, and it is similar to that of phytoplankton such as *Amphora* sp., *Chlorella ellipsoidea* and *Nannochloris oculata*. So, the ω -yeast seems to be appropriate food source for mass culture of *T. japonicus*.

서론

해산 어류의 종묘 생산에 있어서 초기 먹이생물로서 주로 rotifer (*Brachionus plicatilis*)와 *Artemia* nauplius를 이용하고 있다. 그러나 실제로 rotifer의 서식지는 담수나 기수 해역이고, *Artemia*는 염호

또는 염전이다. 이들 먹이생물의 자연 서식지가 연안이 아닌데도 이들을 해산 어류, 종묘 생산시 자치어의 먹이생물로 활용하는 이유는 비교적 크기가 작고 취급이 용이하며 대량 배양이 가능한 장점 때문이다. 그러나 해산 어류 자치어의 영양 요구와 관련하여 이들 두 종의 먹이생물은 많은 논란의 대상이 되고있다. Rotifer의 경우 영양학적인 결핍에 의해 어류 자치어의 높은 폐사율을 나타내는 경우가 많다(北島 1978; Hirayama and Funamoto 1983) rotifer를 영양 강화시켜 먹이로 공급하는 것이 양호하다는 보고가 많다(渡邊 等 1979; 北島 等 1980; Teshima et al. 1987; Hossain et al. 1989). 한편 *Artemia nauplius*의 경우는 환경 변화에 따라 난생의 번식 방법으로 cyst를 형성하여 상온에서 장기 보관이 가능하고, 부화를 쉽게 유도할 수 있다는 큰 장점이 있으나, 產地나 연도에 따라서 영양적인 질의 차이가 많다고 알려져 있다. 이러한 원인으로 인하여 어류 자치어의 생존율이 매우 낮을 수 있으며(Watanabe et al. 1979; 北島 1978; Klein et al. 1980) 가격이 비싸 경제성의 문제도 제기되고있다(Fujita 1973). 따라서 이들 두 종류의 먹이생물을 대체하기 위하여 연안에 많이 분포하는 요각류를 대상으로 꾸준한 연구가 시도되어 왔다. 특히 부유성 요각류인 *Acartia calusia*(Corkett 1967; Zillionx 1969; 野村 1975; 岩崎 等 1977), *Pseudodiaptomus marinus*(岩崎 等 1977)과 부착성 요각류인 *Tisbe holothuriae*(Uhling 1984)와 *Tigriopus japonicus*(Lee and Hu 1981)에 대한 연구가 주로 보고된 바 있다. 특히 *T. japonicus*는 온도와 염분에 대한 내성이 강하고(松谷 1960 a, b, 1961 a, b; Lee and Hu 1981) 대량 배양이 가능하여 먹이생물로서 연구가 많이 시도되었다(福所 1979; 北島 1979; 古賀 1979).

본 연구는 우리 나라 연안의 tidal pool에 서식하는 *T. japonicus*를 대상으로 최적 배양 환경을 구명하여 먹이생물로서 활용하기 위한 기초 자료를 마련하고자 시도하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 *T. japonicus*는釜山 海雲臺 동백섬釜山水產大學校 海洋科學共同研究所 부근에 있는 tidal pool에서 동물 부유 생물망(315 μm)으로 채집하였다.

1. 염분 내성 실험

*T. japonicus*의 염분 변화에 대한 내성을 조사하기 위하여 천일염과 증류수를 사용하여 염분 0, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 33, 38, 40, 50, 60, 70, 80, 90%로 조정된 후 용적 3 ml cell culture chamber에 각 염분의 배양액 2 ml를 넣었다. 각 chamber에 포란한 암컷 10 마리씩을 수용하여 염분 변화에 따른 생존율과 포란율을 매일 조사하였다. 동일 염분의 배양액으로 매일 100% 환수하였고 수온은 18℃, 조도는 3,000 lux, 광주기는 24 L : 0 D로 유지하였다. 먹이는 주지 않았으며 2회 반복 실험하였다.

2. 빛, 염분, 온도의 최적 배양 환경 실험

조도별 *T. japonicus*의 온도, 염분에 대한 최적 배양 환경을 파악하기 위하여 low temperature incubater (Status Ser, 2032-1, Northern, U. K.)를 이용하여 실험하였다. 빛은 5,000 lux와 3,000 lux에 광주기 24L:0D와 18L:6D로 구분하였고, 먹이생물은 매일 *Chlorella ellipsoidea* (NFUP-27)를 원심 분리하여 각 chamber에 500×10^4 cells/ml 씩 공급하며 매일 동일한 염분 배양액으로 100% 환수하였다. 용적 3 ml cell culture chamber에 먹이가 함유된 2 ml 해수에 한마리의 포란 암컷을 넣고 매일 부화한 nauplius 유생을 현미경하에서 계수하고, 산란 간격일을 조사하였다. 온도는 20, 22, 24, 26, 28℃,

염분은 천일염과 증류수를 사용하여 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48‰로 구분하였다. 각 온도구마다 실험 기간은 14 일로 5 회 반복 실험하였다.

3. 최적 먹이생물 실험

*T. japonicus*를 배양하기 위하여 식물 부유 생물과 효모를 먹이로 사용하였다. 식물 부유 생물은釜山水產大學校 養殖學科 먹이생물 실험실에서 보관중이던 *Amphora* sp. (NFUP-29), *Chlorella ellipsoidea*(NFUP-27), *Nannochloris oculata* (NFUP-22), *Navicula incerta* (NFUP-1), *Phaeodactylum tricorutum* (NFUP-2), *Tertraselmis suecica* (NFUP-27)의 6 종을 사용하였다. 효모는 빵 효모 (*Saachromyces servisiae*)와 이화유지공업주식회사의 빵 효모에 오징어 간유 15%를 첨가시켜 제조된 유지 효모를 사용하였다.

실험은 3 ml cell culture chamber에서 먹이가 함유된 2 ml 해수에 한마리의 포란 암컷을 수용하고 매일 2 ml 씩 전량 환수하였다. 먹이는 먹고 남은 정도로 충분히 공급하였다. 조도는 3,000 lux 24 L; 0 D로 하고 온도는 24 °C, 염분은 24‰로 하였다. 실험 기간은 14 일로 6 회 반복 실험하였다.

결 과

1. 염분 내성

염분 내성을 파악하기 위하여 실험한 각 염분에 대한 *T. japonicus*의 생존율과 포란율은 Table 1

Table 1. Effects of different salinities on the survival rate and percentage of gravid females of *Tigriopus japonicus* at 18 °C and 24 L:0 D with 3,000 lux

Salinity (‰)	Percentage of gravid females (%)					Survival rate after 5 days (%)
	Days					
	1	2	3	4	5	
0	100.0	84.5	16.5	0	0	40
2	100.0	80.0	35.0	0	0	95
5	100.0	94.5	44.0	5.0	5.0	85
10	100.0	75.0	25.0	10.0	35.0	100
15	90.0	80.0	41.0	10.5	21.5	95
20	95.0	85.0	47.0	11.5	32.5	90
25	95.0	90.0	26.5	10.5	26.0	95
30	95.0	75.0	45.0	35.0	20.0	100
33	100.0	100.0	45.0	20.0	10.0	100
38	100.0	85.0	75.0	25.0	10.0	100
40	100.0	95.0	55.0	25.0	10.0	100
50	100.0	100.0	65.0	45.0	30.0	100
60	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
70	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
80	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95
90	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	70

과 같다. 생존율은 접종 5 일후 0% 에서는 가장 낮은 40% 를 보였고, 90% 에서는 70% 의 생존율을 보였다. 그러나 염분 10% 과 30~70% 사이의 실험구에서는 모두 100% 의 생존율을 보였고, 나머지 실험구에서는 85~95% 의 높은 생존율을 보였다.

포란율의 경우 각 염분에 접종 1 일후 0~10% 과 33~90% 사이의 실험구에서는 모든 암컷이 100% 포란하였다. 그러나 15~30% 사이에서는 90% 의 포란율을 보였다. 0% 과 2% 에서는 2 일부터 포란율이 감소하기 시작하여 4 일째부터는 0% 의 포란율을 보였다. 5% 에서는 포란율이 감소하여 4~5 일째 모두 5% 의 포란율만 보였다. 그러나 10~25% 의 실험구에서는 포란율이 4 일까지 계속 감소한 후 5 일째는 다시 증가하는 현상을 보였다. 또 30~50% 의 실험구에서는 포란율이 5 일까지 계속적으로 감소하는 경향이였다. 0% 와 2% 에서는 4 일후에 포란율이 0% 가 되었고 5 일까지 0% 로 나타났다. 그러나 10~25% 구간에서는 4 일까지는 감소되다가 5 일에 다시 포란율이 증가하였고, 30~50% 구간에서는 포란율이 계속 감소되었다. 60% 이상에서는 포란율이 100% 로 난의 탈락이 없었다.

2. 빛, 염분, 온도의 최적 배양 환경

5,000 lux와 3,000 lux의 경우, 광주기 24 L:0 D와 18 L:0 D의 조건에서 20~28℃까지 2℃ 간격의 5 온도구와 4~48% 까지 4% 간격의 12 염분구에서의 포란한 암컷 한마리의 평균 부화 nauplius 유생수를 조사하였다. 4% 의 26℃와 28℃구에서는 빛의 조건에 관계없이 산란이 이루어지지 않았고, 그의 실험구에서는 평균 8.3 마리 (28℃, 48%, 5,000 lux, 18 L:6 D)에서 부터 38.4 마리 (24℃, 24%, 3,000 lux, 24 L:0 D)까지 산란하였다. 각 빛의 조건에 따른 온도 20, 22, 24, 26, 28℃에서의 4~48% 까지의 12 염분 실험구의 평균 산란수는 Table 2 와 같다.

Table 2. Average number of nauplii hatched out from a gravid female at salinities from 4% to 48%

Light (lux)	Photoperiod (L:D)	Temperature (°C)					Average
		20	22	24	26	28	
5,000	24:0	21.1	29.5	26.9	15.6	15.8	21.6
	18:6	17.7	28.8	26.6	16.4	14.2	18.5
3,000	24:0	17.0	29.7	30.6	17.0	14.9	21.8
	18:6	14.5	17.3	27.5	27.2	16.9	20.7
Average		17.3	26.3	27.9	19.1	15.5	-

전체의 평균 산란수는 5,000 lux 보다는 조도가 다소 낮은 3,000 lux에서 오히려 높았고, 광주기는 24 L:0 D가 18 L:6 D보다 다소 높았다. 빛의 조건별로 보면 3,000 lux 24 L:0 D에서 평균 21.8 마리로 가장 높았고, 5,000 lux, 24 L:0 D에서 평균 18.5 마리로 가장 낮았다. 온도별로 보면 24℃에서 27.9 마리로 가장 높았고, 28℃에서 15.5 마리로 가장 낮았다. 20℃에서부터 온도가 높을수록 산란수가 계속 증가하여 24℃에서 최고에 달한 후 다시 감소하는 현상이였다. 22℃와 24℃는 서로 산란수가 비슷하였으나 22℃ 이하와 24℃ 이상에서는 산란수가 급격히 감소하였다. 5,000 lux에서는 22℃구에서 29.5, 28.8 마리로 다른 온도구에 비하여 산란수가 가장 높았으나, 조도가 낮은 3,000 lux에서는 22℃구보다는 24℃구에서 30.6, 27.5 마리로 가장 높은 산란을 보였다.

한편 4~48% 의 각 염분구에서의 20~28℃ 의 5 온도구의 평균 산란수는 Table 3 과 같다.

Table 3. Average number of nauplii hatched out from a gravid female at temperatures ranging from 20 °C to 28 °C

Salinity (‰)	5,000 lux		3,000 lux		Average
	24 L:0 D	18 L:6 D	24 L:0 D	18 L:6 D	
4	13.0	12.8	11.8	13.2	12.7
8	20.1	19.6	20.3	19.2	19.8
12	21.6	19.5	21.7	20.3	20.8
16	22.7	21.5	23.4	21.1	22.2
20	24.9	23.1	23.7	23.5	23.8
24	25.2	23.4	25.2	22.4	24.1
28	25.8	23.4	25.1	23.3	24.4
32	23.6	22.4	22.4	22.1	22.6
36	22.3	21.9	23.1	22.7	22.5
40	20.3	19.6	22.0	21.3	20.8
44	20.3	22.0	23.3	20.5	21.5
48	19.1	19.6	20.4	18.7	19.5
Average	21.6	20.7	21.9	20.7	—

각 염분별로 5 온도구의 평균 산란수는 전체적으로 보아 3,000 lux가 5,000 lux에서 보다 다소 산란수가 높았고 광주기도 24 L:0 D에서가 18 L:6 D에서 보다 다소 높았으나 큰 차이는 없었다. 각 염분별 산란수를 보면 4 ‰에서 28 ‰까지는 염분이 오를수록 계속 증가하여 염분 28 ‰에서 평균 산란수 24.4 마리로 가장 높았고, 32 ‰부터는 계속 감소하는 경향이였다. 가장 낮은 산란수는 염분이 가장 낮은 4 ‰에서 12.7 마리였다.

위와 같은 결과를 볼 때 *T. japonicus*의 최적 환경 요인은 온도 22~24 °C 염분 24~28 ‰ 정도로 볼 수 있다. 또, 온도 22 °C, 24 °C 염분 24 ‰, 28 ‰에서 빛에 따른 산란수를 조사한 결과는 Table 4 와 같이 24 °C, 24 ‰, 3,000 lux, 24 L:0 D에서 38.4 마리로 가장 높았다.

한편 26 °C와 28 °C에서 산란이 없었던 4 ‰의 실험구를 제외한 각 배양 조건하에서 산란 간격 일수의 조사 결과는 Table 5 와 같다. 5,000 lux, 24 L:0 D의 경우 산란 간격 일수가 가장 짧은 경우는 24 °C, 20 ‰에서 평균 2.21 일이였고, 가장 긴 경우는 20 °C, 8 ‰에서 4.83 일이였다.

Table 4. Number of nauplii hatched out from a gravid female at different temperatures, salinities and light contitions

Temperature (°C)	Salinity (‰)	5,000 lux		3,000 lux	
		24 L:0 D	18 L:6 D	24 L:0 D	18 L:6 D
22	24	36.2	31.9	31.8	31.4
	28	31.4	32.1	34.1	28.2
24	24	30.8	29.4	38.4	29.5
	28	31.1	31.1	33.3	31.8

Table 5. Average time interval (days) between the spawnings of a gravid female at different lights, salinities and temperatures

Light		Salinity (‰)	Temperature (°C)					Average
Lux	L:D		20	22	24	26	28	
5,000	24:0	8	4.83	3.67	2.65	2.61	2.95	3.36
		12	3.55	3.06	2.27	2.43	2.46	2.78
		16	3.30	2.50	2.29	2.68	2.40	2.64
		20	3.57	2.86	2.21	2.55	2.25	2.72
		24	3.67	2.83	2.27	2.52	2.30	2.72
		28	2.97	2.70	2.24	2.42	2.11	2.70
		32	3.80	2.83	2.35	2.61	2.19	2.76
		36	4.00	3.17	2.50	2.50	2.10	2.86
		40	3.88	3.00	2.43	2.71	2.21	2.82
		44	4.63	3.97	2.50	3.01	2.53	3.32
		48	4.70	3.29	3.03	3.08	3.33	3.48
	Average	3.40	3.09	2.44	2.65	2.45	—	
5,000	18:6	8	4.10	3.17	2.46	2.73	4.73	3.04
		12	3.70	2.61	2.95	2.51	2.48	2.86
		16	4.27	2.40	2.48	2.60	2.44	2.84
		20	3.50	3.21	2.45	2.40	2.18	2.76
		24	3.27	2.30	2.20	2.22	2.04	2.40
		28	3.77	2.88	2.30	2.57	2.47	2.82
		32	4.07	3.08	2.30	2.48	2.38	2.88
		36	3.08	2.97	2.37	2.65	2.33	2.70
		40	4.07	2.84	2.43	2.83	2.46	2.92
		44	4.10	3.34	3.13	2.86	3.11	3.32
		48	4.38	3.77	3.33	3.20	2.63	3.46
	Average	3.86	2.98	2.60	2.65	2.47	—	
3,000	24:0	8	4.53	3.67	2.45	2.64	3.04	3.26
		12	4.10	3.34	2.40	2.64	2.35	2.96
		16	2.97	2.75	2.28	2.50	2.10	2.54
		20	3.70	2.90	2.15	2.42	2.23	2.68
		24	3.17	2.50	2.05	2.46	2.21	2.50
		28	3.28	3.00	2.40	2.43	2.05	2.64
		32	3.62	3.25	2.35	2.43	2.32	2.80
		36	3.90	2.85	2.25	2.57	2.40	2.82
		40	3.67	2.98	2.38	2.68	2.49	2.86
		44	5.00	3.10	2.65	2.68	2.47	3.20
		48	4.70	3.50	2.60	3.22	2.70	3.34
	Average	3.88	3.09	2.39	2.60	2.40	—	
3,000	18:6	8	4.73	4.00	2.68	3.00	2.60	3.40
		12	4.57	2.71	2.58	2.27	2.52	2.94
		16	4.48	2.60	2.40	2.25	2.68	2.90
		20	3.76	2.58	2.62	2.00	2.18	2.64
		24	3.73	2.45	2.26	2.34	2.13	2.56
		28	3.27	2.60	2.30	2.20	2.21	2.52
		32	4.13	2.82	2.25	2.51	2.05	2.76
		36	3.70	2.97	2.50	2.36	2.46	2.82
		40	4.10	3.44	2.60	2.95	2.31	3.08
		44	4.50	4.08	2.77	2.08	3.13	3.32
		48	5.70	3.89	3.03	3.13	3.19	3.78
	Average	4.25	3.11	2.55	2.50	2.50	—	

8%에서 48%까지의 각 온도별 평균 산란 간격일을 보면 온도가 가장 낮은 20℃에서는 3.40일로 가장 길고 온도가 높아질 수록 산란 간격 일수는 줄어들어서 24℃에서 2.44일로 가장 짧았다. 또, 26℃에서는 2.65일로 다소 증가하였으나 28℃에서는 2.45일로 24℃와 비슷하였다. 또 20~28℃까지의 각 염분별 평균 산란 간격일은 염분이 가장 높은 48%에서 3.48일로 가장 길었고, 8%에서는 3.36일로 가장 짧았다. 또 12~40%까지는 2.6~2.8일의 산란 간격일을 나타내었다.

5,000 lux, 18 L:6 D의 경우 24℃, 24%에서 2.20일로 산란 간격일이 가장 짧았고, 20%, 48%에서 4.38일로 가장 길었다. 또, 3,000 lux, 24 L:0 D에서는 24℃, 24%와 28℃, 28%에서 각각 2.05일로 가장 짧았고, 20℃, 44%에서 5.00일로 가장 길었다.

3,000 lux, 18 L:6 D에서는 26℃, 20%에서 산란 간격일이 2.00일로 가장 짧았고, 20℃, 48%에서 5.70일로 가장 길었다. 전체적으로 보면 온도가 증가함에 따라 산란 간격이 짧아지나 24~28℃ 사이는 큰 차이가 없었다. 또 염분 12% 이하와 40% 이상에서는 산란 간격일이 길어졌다. 광주기 24 L:0 D에서는 5,000 lux보다는 3,000 lux에서 산란 간격일이 짧았고, 18 L:6 D의 광주기에서는 5,000 lux가 3,000 lux 보다 다소 더 짧았다. 그러나 두 광주기를 평균 할 경우 5,000 lux와 3,000 lux의 차이는 없었다.

한편 평균 산란수와 평균 산란 간격일의 자료를 기준으로 14일간의 총 예상 산란량은 “14일 ÷ 평균 산란간격일) × 평균 산란수”로 계산하였다. 앞의 실험 결과에서 최적 환경으로 판단되는 온도 22℃, 24℃ 염분 24%, 28%에서의 빛의 조건에 따른 예상 산란량을 계산하면 Table 6과 같다.

Table 6. Estimated number of nauplii hatched out from a gravid female with optimum culture conditions for 14 days

Temperature (℃)	Salinity (‰)	5,000 lux		3,000 lux	
		24 L:0 D	18 L:6 D	24 L:0 D	18 L:6 D
22	24	181.0	194.2	178.1	175.8
	28	162.8	155.0	159.1	151.8
24	24	187.5	187.1	256.0	187.7
	28	189.3	175.3	194.2	193.6

5,000 lux, 24 L:0 D에서 보면 24℃, 28%에서 189마리로 가장 높고, 18 L:6 D에서는 22℃, 24%에서 194마리, 3,000 lux, 24 L:0 D에서는 24℃, 28%에서 194마리, 3,000 lux 18 L:6 D에서는 24℃, 24%에서 256마리로 가장 높았다. 전체적으로 보아 온도는 20℃에서 온도가 상승할수록 산란량이 많아져 24℃에서 최고에 이르는 경향을 보였다.

또, 염분은 8%에서부터 염분이 높을수록 산란량이 증가하여 24~28%에서 최대 산란량을 나타낸 후 다시 염분이 높을 수록 감소하였다. 전체적으로 보아 광주기가 연속 조명인 24 L:0 D에서가 18 L:6 D에서보다 산란량이 높고 5,000 lux 보다는 3,000 lux에서 더 높았다. 최고의 산란량은 3,000 lux, 24 L:0 D, 24℃, 24%에서 였고, 이 때의 예상 산란량은 256 마리/14일로 나타났다.

3. *T. japonicus* 배양의 최적 먹이생물

*T. japonicus*의 최적 먹이생물 실험 결과는 Table 7과 같다. 먹이생물 종류에 따른 *T. japonicus* 한마리의 평균 산란수는 *P. tricornutum*의 경우가 가장 높은 40.53마리였고 이때 평균 산란 간격일은

2.75 일이었다. 다음으로 *Amphora* sp, *C. ellipsoidea*와 *N. oculata*가 비슷한 33.40~34.57 마리였고 *T. suecica*와 *N. increta*가 가장 낮은 28.93, 27.12 마리로 나타났으며 평균 산란 간격일은 각각 3.22 일과 3.54 일로 가장 길게 나타났다.

Table 7. Food values of the tested phytoplankton and yeasts for culture of *Tigriopus japonicus*

Food source	Cell no. ($\times 10^4$ cell/ml)	Number of nauplii at each spawning	Interval between the spawnings (days)
<i>Amphora</i> sp.	18	34.55 \pm 4.03	2.68 \pm 0.17
<i>Chlorella ellipsoidea</i>	700	34.57 \pm 2.37	2.96 \pm 0.09
<i>Nannochloris oculata</i>	1875	33.40 \pm 2.20	3.17 \pm 0.54
<i>Navicula incerta</i>	170	27.17 \pm 1.61	3.54 \pm 0.26
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	375	40.53 \pm 0.71	2.75 \pm 0.20
<i>Tertraselmis suecica</i>	55	28.93 \pm 2.17	3.22 \pm 0.46
Baker's Yeast	750	29.81 \pm 2.69	3.17 \pm 0.26
ω -Yeast	700	33.37 \pm 2.75	3.21 \pm 0.26

두 종류의 효모 중 유지 효모는 평균 산란수가 33.37 마리로 빵 효모의 29.81 보다 평균 산란수가 높게 나타났지만 평균 산란 간격일은 3.21 일로 3.17 일인 빵 효모보다는 약간 길게 나타났다. 산란수를 기준으로한 유지 효모의 먹이 효율은 *T. suecica* 나 *N. incerta*보다는 다소 높고, *Amphora* sp., *N. oculata*, *C. ellipsoidea*와는 대등한 효율을 보였다. 이와같은 결과로 볼 때, *T. japonicus*의 대량 배양에 유지 효모의 활용은 적합할 것으로 판단되었다.

고 찰

Lee and Hu (1981)의 실험 결과에서 *T. japonicus*는 증류수에서 20 시간만에 모두 사망한 것으로 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 0%에서 5일 후에도 40%가 생존하여 큰 차이를 보였다. 본 실험에서 60% 이상에서의 높은 포란율은 너무 높은 염분의 영향으로 난의 발생 속도가 늦었기 때문으로 해석할 수 있다. 또, 10~25%까지는 포란된 난의 발생 속도가 빨라 접종 후 4일째 포란율이 가장 낮았고, 5일째의 포란율이 다시 증가 한 이유는 이미 새로운 포란을 했기 때문으로 해석된다. 따라서 10~25%의 염분은 30~40%의 염분구에서 보다 번식이 오히려 빠를 것으로 생각된다. 그러나 0%과 2%에서 4일째부터 포란율이 0%인 것은 너무 낮은 염분의 영향 때문으로 해석된다. 이와같은 염분별 포란율과 생존율의 실험 결과를 볼 때 *T. japonicus*는 매우 광염성인 내성을 갖고 있고, 기수성인 10~25%의 염분구가 생존과 번식에 적당한 구간으로 생각된다.

한편 0%과 2%에서도 5일후에 생존율이 각각 40%, 95%로 나타나 *T. japonicus*의 nauplius는 미꾸라지와 같이 입의 구경이 작은 담수산 어류의 중요 생산시 유익한 담수 동물 먹이생물로서 사용이 가능한 것으로 생각된다.

古賀 (1979)는 *T. japonicus*가 저온보다는 고온에서 성장이 빠르고 24℃에서 평균 산란 간격일은 2~3 일로 보고하였다. 寺本·河盛 (1980)은 *T. japonicus*를 알콜醱酵母液을 이용하여 배양했을 때 23~25℃와 16~19℃에서 가장 높은 번식율을 얻었다. 또, Lee and Hu (1981)은 15~20℃에서

Chlamydomonas sp.를 먹이로 배양했을 때 최적 염분 범위와 평균 산란 간격일이 각각 27.1~34.3%과 1.5일로 보고하였다.

본 실험의 최적 염분 범위는 24~28‰, 최적 평균 산란 간격일은 2~3일로 나타났는데 이와같은 차이는 Lee and Hu (1981)가 보고한 바와 같이 온도, 먹이, strain의 차이에 기인한 것이라고 생각된다. 조도의 경우 古賀 (1979)는 *T. japonicus*는 암흑에서 성장을 하지않고, 300~1,600 lux와 2,000 lux에서 증식이 비슷하고, 15,000 lux에서 가장 높은 증가율을 나타낸다고 밝힌 바 있어 3,000 lux가 5,000 lux에서 보다 번식율이 높았던 본 연구 결과와는 큰 차이가 있다. 이러한 이유는 古賀 (1979)의 실험은 옥외 1 ton 수조를 이용하였기 때문에 실내 배양에 의한 본 실험과는 실험 환경이 크게 달랐기 때문으로 해석할 수 있다. 본 실험에서 최적 온도 범위로 밝혀진 22, 24 °C는 古賀 (1979), 寺本과 河盛 (1980), Lee and Hu (1981)의 결과와 차이가 있었다. 그러나 염분 내성의 결과는 松谷 (1960 a, b, 1961 a, b)의 보고에서 *T. japonicus*가 염분 변화에 대한 내성이 크다고 밝힌 사실과 일치하고 있다. 또, 본 실험에서 28 °C에서의 평균 산란 간격일 이 26 °C 보다도 낮고 24 °C의 결과와 비슷한 경향을 보였던 점이 매우 특이 하였다.

본 실험에서 한마리 암컷이 14 일동안 산란할 수 있는 예상 nauplius 수는 “(14 일 ÷ 평균 산란간격일) × 평균 산란수”로 가능한데 이 경우 5,000 lux, 24 L:0 D, 28 °C, 28 ‰에서 최고 191 마리 3,000 lux, 18 L:6 D, 22 °C, 24 ‰에서 최고 262 마리고 3,000 lux, 18 L:6 D, 22 °C, 20 ‰에서 최고 194 마리로 나타났다. 결론적으로 *T. japonicus*의 최적 배양 환경 구간은 평균 산란수가 많고 산란 간격일이 짧은 3,000 lux, 24 L:0 D, 24 °C, 24 ‰ 일 것으로 판단된다.

古賀 (1975)는 양어용 배합 사료 (보리새우 종묘용, 방어 치어용, 은어 종묘용, 잉어 양성용 분말)를 이용하여 1 ton 수조에서 *T. japonicus* 배양한 결과 보리새우 종묘 사료가 최고 밀도 25 마리/10 ml로 가장 좋은 성장을 보였다. Kahan (1979)은 harpacticoid copepods에게 야채를 먹이로 하였을때 아주 좋은 성장 결과를 얻었는데, 그 중에서 양배추, 상치, 시금치가 우수하였다고 보고하였다. 또 寺本·河盛 (1980)은 알콜醱酵酵母液을 이용하여 1 ℓ 배양 용기에서 100 마리/10 ml를 얻었다고 했으며 李와 多賀 (1988)는 tidal pool에서 분리한 세균을 먹이로 이용하였을때 10⁶ cells/ml의 *Acinetobacter* spp.가 10 일동안 *T. japonicus* adult의 생존율을 100 %로 유지하여 *T. japonicus*의 가장 좋은 먹이세균이라고 하였다.

본 실험에서도 6 종의 phytoplankton과 2 종의 효모에서 산란수가 양호하였기 때문에 *T. japonicus*는 古賀 (1970, 1979)의 보고처럼 잡식성이라고 할 수 있다. 또한 福所 (1980)는 빵 효모와 유지 효모를 이용하여 *T. japonicus*를 배양했을 때 최고 밀도는 각각 101 마리/10 ml, 220 마리/10 ml로 나타나 유지 효모가 성장에 양호하였다고 보고하였다. 본 실험에서도 이와같이 유지 효모가 빵 효모보다 암컷 한마리에서 산란수가 약 11 % 이상 높게 나타났고, *P. tricornutum*보다는 산란수가 낮지만 다른 phytoplankton과 비슷하거나 높게 나타나 *T. japonicus* 대량 배양시 phytoplankton을 대체할 수 있는 좋은 먹이로 사용할 수 있다고 생각되어진다. 또, *C. ellipsoidea*의 먹이 효율이 비교적 높은 것을 보면 *T. japonicus* 두꺼운 세포벽도 잘 소화시키는 것으로 판단된다.

요 약

부착성 요각류중 *Tigriopus japonicus*는 어류의 종묘 생산시 먹이생물로서 매우 중요한 동물성 플랑크톤이다. 본 연구는 *T. japonicus*의 염분 내성과 최적 배양 환경 (염분, 온도, 빛)에 대해서 조사하였고, 대량 배양을 하기 위한 2 종류의 효모와 6 종의 식물성 플랑크톤에 대한

먹이 가치를 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

*T. japonicus*의 염분 내성 실험에 있어서 배양 5일 후 포란 암컷의 생존율은 0%과 90%에서 각각 40%와 70%로 나타났다. 그러나 2~80%에서 85% 이상의 높은 생존율을 나타내고 있어 이 종은 매우 광염성이라고 생각된다.

*T. japonicus*의 최적 배양 환경은 24℃, 24‰, 3,000 lux 24 L:0 D였고, 이 때 한마리 암컷의 평균 산란수는 38마리였으며 평균 산란 간격일은 2.05일이었다.

*T. japonicus*의 가장 좋은 먹이생물은 *P. tircornutum*였고 *T. suecica*는 먹이 가치가 매우 낮았다. 그리고 유지 효모의 먹이 효율은 빵 효모 보다 높았고, *Amphora* sp., *C. ellipsoidea* N. *oculata*와 비슷하게 나타나서 *T. japonicus*의 대량 배양시 좋은 먹이라고 생각된다.

참 고 문 헌

- Corkett, C. J. 1967. Technique for rearing marine calanoid copepods in laboratory conditions. Nature, Lond. 216:58~59.
- Fujita, S. 1973. Importance of zooplankton mass culture in producing marine fish seed for fish farming. Bull. Plankton. Soc. Japan. 20:49~53.
- 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*. Bull. Jap. Soc. Fish. 49(4):505~510.
- Hossain, M. A., M. Furuichi and Y. Yone. 1989. Fatty acid composition and dietary value of rotifer *Brachionus plicatilis* fed on waste lipid treated with *Aspergillus terreus*. Bull. Jap. Soc. Fish. 55(5):817~821.
- Kahan, D. 1979. Vegetable as food for marine harpacticoid copepods. Aquaculture 16:345~350.
- Klein, M. G., W. H. Howell and A. D. Beck. 1980. International study on *Artemia* VII. Nutritional value of five geographical strains *Artemia* to winter flounder *Pseudopleuronectes americanus* larvae. p. 305~312, In Persoone, G., P. Sorgeloos, O. Roels and E. Jaspers, The Brine Shrimp *Artemia* Vol. 3, Universa Press, Wetteren, Belgium.
- Lee, C. S., F. Hu. 1981. Salinity tolerance and salinity effects on brood size of *Tigriopus japonicus* Mori. Aquaculture 22:377~379.
- Teshima, S., A. Kanazawa, K. Horinouchi, S. Yamasaki and H. Hirata. 1987. Phospholipids of the rotifer, prawn and larval fish. Bull. Jap. Soc. Fish. 53(4):609~615.
- Uhing, G. 1984. Progress in mass cultivation of harpacticoid copepods for mariculture purposes. Europ. Maricult. Soc. 8:261~271.
- Watanabe, T., T. Arakawa, C. Kitajima, K. Fukusho and S. Fujita. 1978. Proximate and mineral composition of living feeds used in seed production of fish. Bull. Jap. Soc. Fish. 44:973~984.
- Zillioux, E. J. 1969. A continuous recirculating culture system for planktonic copepods. Mar. Biol. 4:215~218.

- 岩崎英雄, 加藤仁, 藤山虎也. 1977. 海産橈脚類, *Acartia clausi* Giesbrechtの飼育-I. 成熟および産卵に影響する諸要因. 日本プランクトン學會報 24(1):55~61.
- 渡邊武, 大和史人, 北島力, 藤田矢郎, 米康夫. 1979. シオミズツボウムシ *Brachionus plicatilis*の營養質と高度不飽和酸. 日本水産學會誌 45(7):883~889.
- 北島力. 1978. マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究. 長崎水試論文集 5:92.
- 北島力. 1979. 餌料用動物プランクトンの大量培養(餌料プランクトン大量培養研究連絡協議會編), 日本水産資源報告協會 東京 113~128.
- 北島力, 荒川敏久, 大和史人, 藤田矢郎, 今田克, 渡邊武, 米康夫. 1980. マダイ仔魚に對する油脂酵母ワムシの飼料效果. 日本水産學會誌 46(1):43~46.
- 北島力, 吉田滿彦, 渡邊武. 1980. アユ仔魚に對する油脂酵母ワムシの飼料效果. 日本水産學會誌 46(1):47~50.
- 古賀文洋. 1970. *Tigriopus japonicus* Mori. かいあし類の生活史について. 日本海洋學會誌 26(1):11~21.
- 古賀文洋. 1975. 魚類の初期餌料としての動物プランクトンの探索と大量培養研究-II. 福岡水試研報 171~186.
- 古賀文洋. 1979. 餌料用動物プランクトンの大量培養(餌料プランクトン大量培養研究連絡協議會編), 日本水産資源報告協會 東京 64~77.
- 野村忠網. 1975. 大型水槽による*Acartia*の飼育. 昭和 49 年度指定 調査研究總合助成事業結果報告書, 魚類の初期飼料としての動物プランクトン探索と大量培養研究. 能本水試資料 38:6~10.
- 寺本賢日郎, 河盛好昭. 1980. アルコール醗酵母液を利用したティグリオプス培養. 水産増殖 27(4):191~194.
- 福所邦彦. 1979. 餌料用動物プランクトンの大量培養(餌料プランクトン大量培養研究連絡協議會編), 日本水産資源報告協會 東京 88~107.
- 福所邦彦. 1980. 油脂酵母によるティグリオプスのシオミズツボウムシとの混合生産. 日本水産學會誌 46(5):625~629.
- 松谷辛司. 1960 a. *Tigriopus japonicus*の溫度鹽分抵抗性に関する研究-I. 20℃で飼育した *Tigriopus*の順化溫度による熱抵抗性の變化. 生理生態 9:35~48.
- 松谷辛司. 1960 b. *Tigriopus japonicus*の溫度鹽分抵抗性に関する研究-II. 4種の異なった溫度で飼育した *Tigriopus*の順化溫度による熱抵抗性の變化. 生理生態 9:49~54.
- 松谷辛司. 1961 a. *Tigriopus japonicus*の溫度鹽分抵抗性に関する研究-III. *Tigriopus japonicus*の熱抵抗性に及ぼす環境酸素濃度の影響. 生理生態 10:59~62.
- 松谷辛司. 1961 b. *Tigriopus japonicus*の溫度鹽分抵抗性に関する研究-IV. 稀釋海水および濃縮海水に順化した *Tigriopus japonicus*の熱抵抗性と溫度との關係. 生理生態 10:63~67.
- 李原在, 多賀信夫. 1988. 動物 플랑크톤 Hapacticoid, *Tigriopus japonicus* Mori 培養에 有效한 海洋細菌의 探索. 韓水誌 21(1):50~56.