

툃(*Hizikia fusiformis*)의 초기생장에 대한 배양조건

황은경 · 박찬선* · 손철현

부경대학교 양식학과

*국립수산진흥원 완도수산종묘배양장

Culture Conditions on the Early Growth of *Hizikia fusiformis* (Phaeophyta)

Eun Kyoung Hwang, Chan Sun Park* and Chul Hyun Sohn

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737

*Wando Fisheries Hatchery, NFRDA, Wando 537-800, Korea

Effects of light and temperature on the early growth of *Hizikia fusiformis* were investigated for establishment of artificial seed production. Young germings were cultured for 70 days under different culture conditions : light intensities (500, 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 lux), photoperiods (8 : 16, 12 : 12, 16 : 8, (L : D)) and temperature (10, 15, 20, 25, 30°C). Growth of the germings was facilitated in 2,000~4,000 lux of light intensities, 16 : 8 (L : D) of photoperiods and 15~20°C of temperature. Culture conditions were revealed for the mass culture of artificial seeds of effective early growth in *Hizikia* cultivation.

Key words : Early growth, Light intensity, Photoperiod, Temperature, Artificial seed

서 론

우리 나라의 툃 양식은 1984년(손, 1996)부터 주로 남해안의 완도 지방을 중심으로 시도되어 왔다. 근래에는 생산량의 대부분을 수출하는 중요한 수산물로서의 위치를 차지하고 있으나 현재 행해지고 있는 툃 양식 방법은 조간대에 서식하는 유체를 채집하여 로프에 끼우기 식으로 양성하는 불완전 양식의 방법으로서(Sohn, 1993) 매년 종묘를 새로 구입해야 하는 문제점과 이로 인한 종묘 수급의 불안정성 등의 문제점을 안고 있다. 또한 매년 종묘로 사용하기 위한 새로운 유체의 채집은 서식 범위가 한정된 자연 어장의 심각한 훼손을 유발시키고 있어(류 등, 1985) 인공 종묘 생산방법의 개발이 시급히 요구되고 있다.

현재까지 툃의 발생 및 생장에 관한 연구로는 Suto (1951a, b)의 연구가 있으나 그는 수정난 방출주기와 착생, 그리고 야외에서 포복지의 생장 과정을 기술한 것에 그쳤을 뿐이며, 그외에는 주로 생태 (Katada, 1940, 1952 ; 寺脇, 1985), 증식 및 양식 (西川 · 小川, 1977 ; 新井 · 新井, 1983 ; 四井, 1992 ; 노, 1995)에 관한 연구 등이 있으나 이들 연구들도 주로 이식 실험에 대한 결과를 보고하였을 뿐이다.

한편, Hwang *et al.* (1994a)는 정단부와 포복지 절편의 재생능을 이용하여 유엽의 생장과 생식기탁의 분화를 유도하였으며, 포복지의 조직 배양(Hwang *et al.*, 1994b)을 실시하여 무성 생식에 따른 인공종묘생산 방안을 연구한 바 있다. 이는 유성생식을 이용한 증식은 오랜 시간이 소

* 본 논문은 농림부에서 시행한 농립수산특정연구사업의 연구결과임.

요될 뿐 아니라(四井, 1992) 자연 군락의 톳도 주로 포복지에 의한 무성생식을 통하여 군집의 보충(recruitment)이 이루어진다고 보고한 西川·小川(1977)의 결과에 근거한 것이다.

그러나 지금까지의 톳 인공 종묘 배양을 위한 연구들중 가장 기본적이라 할 수 있는 수정란의 발아 및 발생을 통하여 유엽에 이르기까지의 실내 배양 과정에 관하여는 연구된 바가 거의 없다. 따라서, 본 연구의 목적은 톳의 초기 발생과 조도, 광주기 및 온도 등 배양 조건에 따른 유체의 성장 효과를 구명하므로써, 유성생식을 통한 톳 인공 종묘의 대량 생산 기술을 확립하는데 있다.

재료 및 방법

실험에 사용한 성숙 엽체는 1995년 5월에 전남 완도군 완도읍 신지리의 톳 양식 어장에서 채취하였으며, 채취후 얼음과 함께 ice box에 담아 실험실로 운반한 후 멸균해수로 수회 세척하고 생식기탁만을 분리하여 ABM (antibiotic mixture) 용액 (Guillard, 1968)을 첨가한 멸균해수에 침적시켜 무균상태로 생식세포 방출을 유도하였다.

조도별 톳 유배의 성장 및 분화는 유배로부터 가근 발아 이전 단계인 수정후 2일째 각 조도조건(500, 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 lux)으로 옮겨 유배의 성장과 분화를 관찰하였다. 배양기는 100 ml bottle을 사용하여 정치 배양하였다. 광주기 조건은 12 : 12 (L : D), 수온은 20°C로 하였고 PESI 배지를 사용하였다. 배지는 1주일 간격으로 교환하였으며, 유배의 길이생장, 가근수, 가근길이 및 분화된 유엽수 등을 측정하였다.

광주기별 톳 유배의 성장 및 분화는 수정후 2일째 각 광주기 조건(8 : 16, 12 : 12, 16 : 8 L : D)으로 옮겨 유배의 성장과 분화를 관찰하였다. 배양기는 100 ml bottle을 사용하여 정치 배양하였으며, 조도는 4,000 lux, 20°C, PESI 배지를 사용하였다. 배지는 1주일 간격으로 전량 교체하였으며, 유배의 길이생장, 가근길이, 가근수

및 분화된 유엽수 등을 측정하였다.

온도별 톳 유배의 성장 및 분화는 수정후 2일째부터 100 ml bottle로 옮겨 각 온도조건(10, 15, 20, 25, 30°C)의 EYELA multi thermo incubator MTI-201에서 배양하면서 유배의 성장과 분화를 관찰하였다. 배양조건은 3,000 lux, 연속조명하에서 PESI 배지를 사용하여 70일간 배양하면서 유배의 길이생장, 가근길이, 가근수 및 분화된 유엽수 등을 측정하였다.

결 과

수정후 70일간 배양 일수에 따른 톳 유배의 성장과 분화는 Fig. 1과 같다. 성숙한 암배우체의 생식기탁으로부터 방출된 난은 점질에 싸인채 생식기 탁에 부착(Fig. 1A) 한 상태에서 수정한 후 핵분열을 일으켜 8개의 핵이 뚜렷이 보이게 된다(Fig. 1B). 연속조명과 5,000 lux, 20°C의 조건 하에서 수정란은 1일 후 세포질 분열이 일어나 8 세포기로 되며(Fig. 1C), 이때가 되면 수정란은 암생식기탁으로부터 이탈되기 시작하게 되고, 2일후 가근이 자랄 부위가 결정되는 극성을 띠게 된다(Fig. 1D). 3일 후에는 가근(Fig. 1E) 발달이 시작되어 기물에 착생하였다. 15일 후에는 발아체의 길이가 600 μm 에 달하며, 선단부에는 갈조류의 초기발생 단계의 특징인 점모(Fig. 1F)가 생기나 배양이 진행되면서 탈락되었다. 수정후 37일이 되면 2차엽이 발달(Fig. 1G)하기 시작하며, 48일후 3차엽(Fig. 1H)이 형성되고, 92일후 점차 잎이 비후하여 7엽을 가지는 완전한 유엽(Fig. 1I)을 형성하였다.

연속조명과 5,000 lux, 20°C의 조건하에서 70일간 톳 수정란의 발생과정을 관찰한 결과 이들의 길이생장과 분화된 유엽의 수는 Fig. 2와 같다.

조도별 톳 유배의 성장 및 분화

각 조도조건(500, 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 lux) 하에서 70일간 배양한 톳 유배의 성장과 분화는 Fig. 3과 Table 1과 같이 배양 42일

Table 1. Growth response of germlings in *Hizikia fusiformis* to light intensity regimes of 12: 12(L:D) and a 20°C temperature after 70 days culture (Mean±SD)

Light intensity (Lux)	Growth	Day										
		0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
8,000	LG	208.0±20.0	378±20.0	500.0±25.0	624.0±23.0	824.0±40.0	1010.0±52.0	1276.0±48.0	1940.0±48.0	1780.0±53.0	1640.0±51.0	1560.0±47.0
	LR	172.5±16.0	508.8±50.0	848.0±42.0	808.0±38.0	760.0±40.0	732.0±43.0	724.0±41.0	616.0±39.0	528.0±40.0	468.0±37.0	450.0±35.0
	NR	4.8±1.0	12.0±2.0	12.6±1.6	14.4±1.7	13.8±1.5	12.0±2.1	10.0±2.0	9.2±2.0	9.2±2.1	9.0±1.7	9.0±1.9
	NYB	0	0	0	0	0.5±0.1	0.5±0.1	1.0±0.1	1.5±0.3	1.5±0.4	1.0±0.2	1.2±0.3
4,000	LG	208.0±20.0	316.0±25.0	408.0±20.0	504.0±20.0	800.0±21.0	920.0±22.0	1176.0±27.0	2000.0±30.0	2540.0±37.0	2700.0±41.0	2640.0±45.0
	LR	144.0±25.0	476.0±42.0	844.0±35.0	908.0±31.0	868.0±30.0	836.0±39.0	800.0±37.0	780.0±32.0	528.0±27.0	500.0±25.0	460.0±25.0
	NR	4.4±0.5	10.4±2.1	11.8±1.7	13.0±2.0	17.0±2.0	10.8±2.2	9.6±1.7	9.2±2.0	10.8±2.3	12.0±3.1	15.2±3.0
	NYB	0	0	0	0	0	0.5±0.2	1.0±0.2	1.0±0.2	2.0±0.2	2.8±0.4	3.2±0.5
2,000	LG	208.0±20.0	296.0±42.0	392±25.0	480.0±30.0	495.0±32.0	644.0±29.0	1096.0±45.0	1744.0±29.0	2140.0±31.0	2600.0±40.0	2650.0±40.0
	LR	144.8±14.6	373.0±54.0	472.0±52.0	520.0±50.0	736.0±50.0	740.0±48.0	824.0±50.0	876.0±49.0	540.0±43.0	480.0±38.0	450.0±35.0
	NR	4.4±0.5	9.2±0.1	10.0±0.4	11.0±0.4	11.2±0.5	12.0±0.6	12.6±0.4	14.0±0.7	14.5±0.8	15.0±0.7	16.0±1.2
	NYB	0	0	0	0	0	0	0.5±0.1	1.0±0.2	1.5±0.5	2.0±0.2	2.4±0.4
1,000	LG	160.8±15.0	216.0±20.5	260.0±35.0	364.0±25.0	468.0±32.0	480.0±30.0	704.0±31.0	1088.0±40.0	1320.0±42.0	1400.0±43.0	1480.0±41.0
	LR	124.8±26.0	337.6±62.0	428.0±61.0	680.0±64.0	792.0±59.0	844.0±57.0	892.0±60.0	980.0±61.0	844.0±58.0	736.0±40.0	650.0±50.0
	NR	4.6±0.2	6.2±1.2	10.0±1.6	10.8±1.0	13.2±1.5	14.0±1.1	19.2±1.7	19.6±0.9	15.4±0.4	9.6±0.7	9.6±1.4
	NYB	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5±0.1	0.5±0.1	0.8±0.2
500	LG	161.6±15.0	236.0±20.0	224.0±30.0	360.0±22.0	416.0±27.0	416.0±28.0	476.0±29.0	604.0±27.0	720.0±33.0	524.0±22.0	500.0±31.0
	LR	116.0±5.4	400.0±52.0	320.0±25.0	632.0±50.0	664.0±30.0	676.0±54.0	724.0±53.0	794.0±58.0	720.0±57.0	676.0±49.0	524.0±57.0
	NR	4.4±0.2	4.6±0.5	8.6±0.3	7.2±0.3	7.4±0.4	10.2±0.7	10.8±0.5	11.2±1.2	10.8±0.3	9.2±0.6	9.0±1.7
	NYB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

LG : Length of germlings(µm), LR : Length of rhizoids(µm), NR : Number of rhizoids(ea), NYB : Number of newly developed young blades(ea).

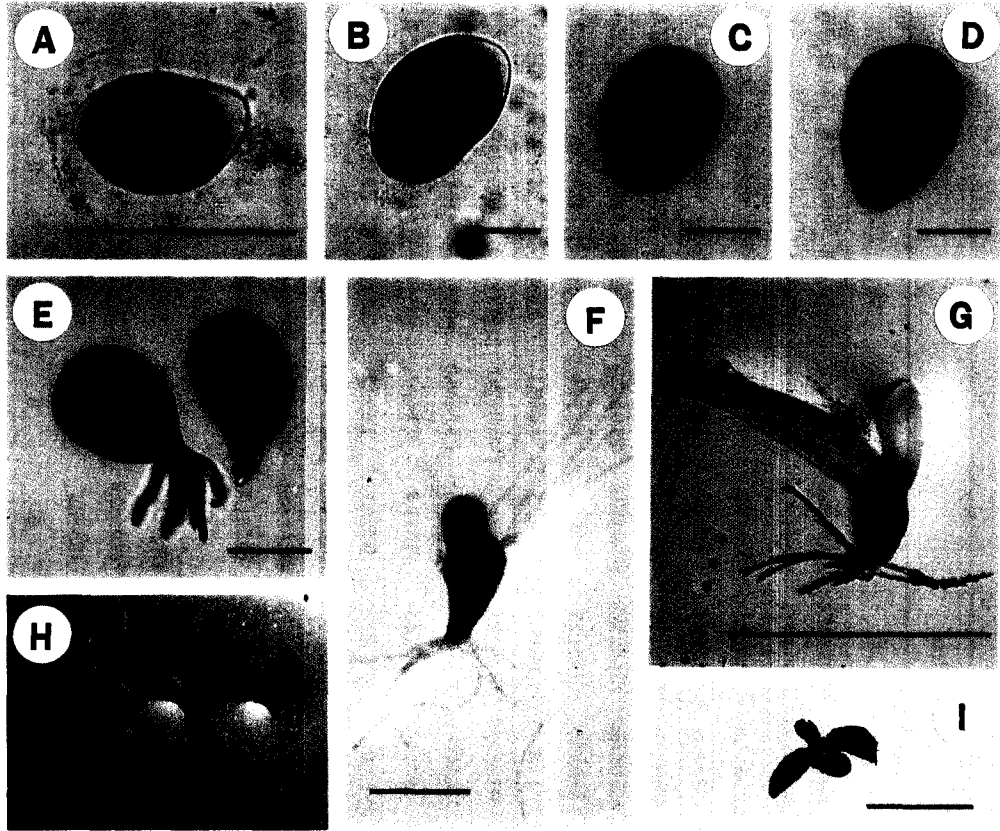


Fig. 1. Early development of germling in *Hizikia fusiformis*, under 5,000 lux and 18°C with continuous illumination after 92 days culture.

A : Germling have mucilage membrane on the receptacle. B : Germling showing 8 nuclei. C : Cell division occurring after a 1 day culture from the syngamy. D : Polarity occurring after 2 days culture. E : Rhizoids development of germling after 3 days culture. F : Scoop-like germling showing some hair after 15 days culture. G : Second blade development of germling after 37 days culture. H : Third blade development of germling after 48 days culture. I : Young thalli after 92 days culture. Scale bar=100 μ m(A-E), 500 μ m (F), 1mm (G), 5mm (H) and 1cm (I).

까지는 8,000 lux 구간에서 성장과 분화가 높게 나타났다.

유배의 길이생장(Fig. 3A)은 배양 42일까지 고조도인 8,000 lux 구간에서 $1,276 \pm 20.5 \mu\text{m}$ 로 가장 높은값을 보였으나, 49일 이후 점차 생장이 둔화되는 경향을 보였다. 4,000 lux와 2,000 lux 구간에서는 배양 기간동안 길이생장이 계속해서 증가하여 배양 70일 후 각각 $2,640 \pm 50.4 \mu\text{m}$, $2,650 \pm 37.5 \mu\text{m}$ 로 최고치를 나타냈다. 500 lux

에서는 길이생장이 뚜렷하지 않아 56일 이후에는 점차 생장이 둔화되는 경향을 보여 70일후 $500 \pm 20.4 \mu\text{m}$ 를 나타내었다.

가근의 길이생장(Fig. 3B)은 배양 14일까지 4,000 lux와 8,000 lux에서 각각 $844 \pm 5.4 \mu\text{m}$, $848 \pm 2.5 \mu\text{m}$ 로 증가하였으나 이후 감소하는 경향을 보였고, 500~2,000 lux 구간에서는 배양 49일까지 증가하다가 이후 감소하는 경향을 나타내었다.

뚝(*Hizikia fusiformis*)의 초기생장에 대한 배양조건

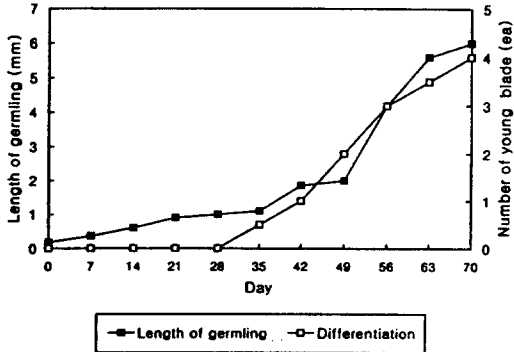


Fig. 2. Growth and differentiation of germlings of *Hizikia fusiformis*, under 5,000 lux at 18°C in PESI medium with continuous illumination after 70 days culture.

가근의 수(Fig. 3C)는 조도 구간에 따른 일정한 경향을 보이지 않았으나 2,000 lux 구간에서는

배양기간동안 지속적인 증가를 보였다.

유엽의 분화(Fig. 3D)는 8,000 lux 구간에서 배양 28일째 처음 나타나기 시작하여, 배양 56일까지 1.5 ± 0.9 개를 나타내었으나 이후 감소하였고, 4,000 lux 구간에서는 배양 35일째 처음 유엽이 분화되기 시작하여 70일후 최고 3.2 ± 1.1 개까지 분화하였다. 2,000 lux 구간에서는 42일째 유엽이 분화되기 시작하여 70일후 2.4 ± 0.9 개까지 증가하였고, 1,000 lux 구간에서는 56일째 유엽이 분화되기 시작하여 70일후 0.8 ± 0.2 개를 나타내었으나 500 lux 구간에서는 배양 70일까지 유엽으로 분화되지 않았다(Fig. 4).

뚝 유배의 초기 발생과 조도와의 관계를 보면 8,000 lux의 고조도에서는 광포화로 인한 성장 저해를 초래하였을 뿐만 아니라, 일부 엽체가 녹아서 고사하기도 하였다. 4,000 lux 이상의

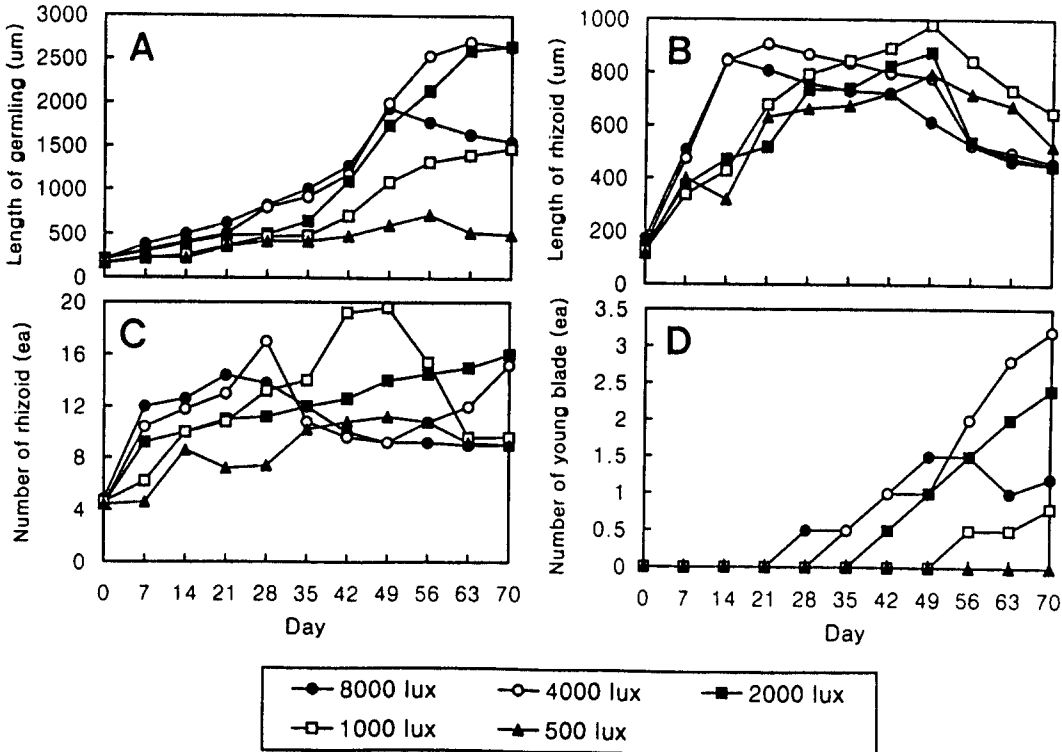


Fig. 3. Effects of light intensity on growth and differentiation of germlings in *Hizikia fusiformis*, under 18°C with photoperiod of 12:12 (L:D) after 70 days culture. A: Length of germlings. B: Length of rhizoids. C: Number of rhizoids. D: Number of differentiated young blades.

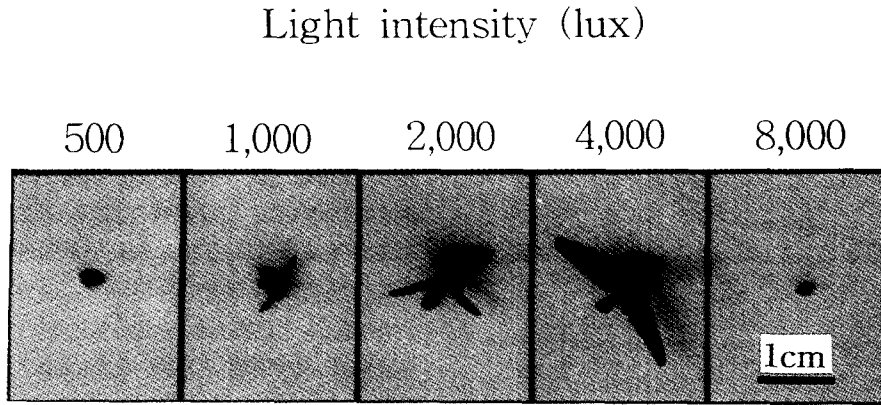


Fig. 4. Effects of light intensity on growth and differentiation of germlings in *Hizikia fusiformis*, under 18°C and 12 : 12 (L : D) after 70 days culture.

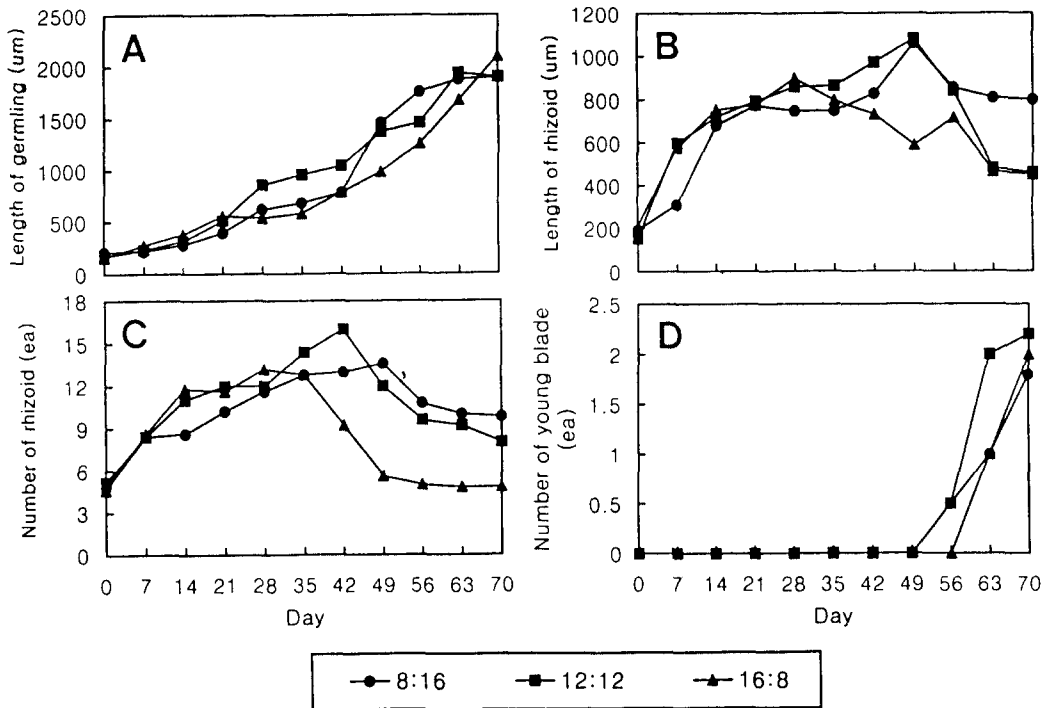


Fig. 5. Effects of photoperiod on growth and differentiation of germlings in *Hizikia fusiformis*, under 4,000 lux at 18°C after 70 days culture. A : Length of germlings. B : Length of rhizoids. C : Number of rhizoids. D : Number of differentiated young blades.

조도조건에서는 규조가 번식하여 톳 생육에 영향을 미쳤으나 2,000 lux 이하의 조도조건에서는 비교적 안정적인 생장이 이루어졌다. 그러나 500

lux의 저조도에서는 유엽의 분화가 이루어지지 않아 초기 발생 단계에 있어 톳의 경우 최적 조도 범위는 2,000~4,000 lux 인 것으로 사료되었다.

이는 5,000 lux의 조도 조건에서 생장이 가장 높게 나타났다는 하와 고(1992)의 결과와 비교하여 보면 다소 차이가 나지만 광포화로 인한 성장 저해를 감안한다면 최적 조도 범위는 4,000 lux 조건을 유지하여 주는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

광주기별 뚝 유배의 성장 및 분화

각 광주기 조건(8 : 16, 12 : 12, 16 : 8 (L : D))하에서 70일간 배양한 뚝 유배의 성장과 분화는 Fig. 5와 Table 2와 같이 나타났다.

유배의 길이생장(Fig. 5A)은 광주기 조건에 관계없이 배양 기간 동안 계속 증가하는 경향을 나타내었다.

가근의 길이생장(Fig. 5B)은 8 : 16 (L : D)의 단일조건에서 배양 70일후 800±40.5 µm로 최대생장을 보였으며, 12 : 12 (L : D) 조건과 16 : 8 (L : D)의 조건에서는 배양 56일 이후 감소하기 시작하여 70일후 각각 460±15.4 µm, 450±20.1 µm를 나타내었다.

가근의 수(Fig. 5C)는 배양 28일까지 16 : 8 (L : D)의 조건에서 12.0±0.9개로 최대값을 나타내었으나, 42일째는 12 : 12 (L : D) 조건에서 16.0±1.1개로 최대값을 보였고, 49일째 8 : 16 (L : D) 조건에서 13.6±0.9개를 나타내어, 배양 70일까지 단일조건에서 비교하여 높게 나타났다.

유엽의 분화(Fig. 5D)는 배양 56일째 8 : 16 (L : D)과 12 : 12 (L : D) 조건에서 출현하기 시작하였으며, 16 : 8 (L : D)의 조건에서는 63일째 처음 출현하였다. 70일후 분화된 유엽의 수는 12 : 12 (L : D) 조건에서 2.2±0.9개로 최대치를 보였고, 8 : 16 (L : D) 조건에서 1.8±1.1개로 최소값을 나타내었다.

모자반의 초기 발생시 광주기에 의한 효과는 주지의 분화 시기에 있어 크게 나타나며(Uchida et al., 1991), 초기엽의 생장이 이루어지는 동안은 누적 광량이 보다 중요할 것으로 사료된다.

이상과 같이 뚝 초기 발생시 광주기의 영향은 조도에 비하여 그리 크게 나타나지 않은 것으로

보이며, 가근 발달의 측면에서 보면 8 : 16 (L : D)의 단일조건이, 유엽의 분화에서는 12 : 12 (L : D)의 조건이 효과적인 것으로 나타났다(Fig. 6).

Photoperiod (L:D)

8:16 12:12 16:8

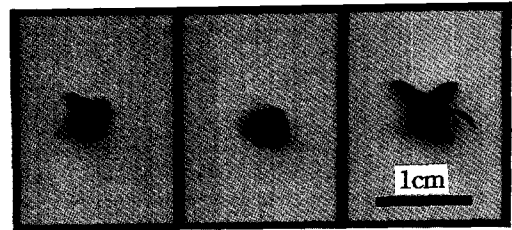


Fig. 6. Effects of photoperiod on growth and differentiation of germlings in *Hizikia fusiformis*, under 4,000 lux and 18°C after 70 days culture.

온도별 뚝 유배의 성장 및 분화

온도조건(10, 15, 20, 25, 30°C)별로 70일간 배양한 뚝 유배의 성장과 분화는 Fig. 7과 Table 3과 같다.

유배의 길이생장(Fig. 7A)은 배양 28일까지는 온도조건별로 큰 차이를 보이지 않다가 35일 이후 15°C와 20°C에서 증가하기 시작하여 70일후 15°C에서 최대 4,700±20.5 µm, 20°C 구간에서 4,300±50.4 µm를 나타내었다. 25°C 구간에서는 배양 49일 이후 점차 성장률이 둔화하기 시작하였으며 30°C 구간에서는 56일 이후 모든 엽체가 고사하였고, 10°C 구간에서는 배양 21일 이후부터 감소하기 시작하여 49일째 엽체가 모두 고사하였다.

가근의 길이생장(Fig. 7B)은 25°C 이상의 구간에서 빠른 성장률을 보여 25°C 구간에서 70일후 최대 1,140±54.2 µm를 나타내었으며, 온도 구간별 생장은 30°C, 20°C, 15°C의 순으로 나타났다. 10°C 구간에서는 가근의 길이증가가 뚜렷이 나타나지 않으며 점차 감소하여 49일 이후 고사하였다.

가근의 수(Fig. 7C)는 25°C 구간에서 빠른 증가를 보여 35일까지 최대 10±1.1개를 나타

Table 2. Growth response of germlings in *Hizikia fusiformis* to photoperiod regimes using 4,000 lux of light intensity and a 20°C temperature after 70 days culture (Mean±SD)

Photoperiods	Growth	Day										
		0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
16 : 8	LG	161.6±25.0	276.8±31.0	380.0±29.0	556.0±32.0	536.0±31.0	580.0±33.0	788.0±40.0	988.0±42.0	1260.0±45.0	1680.0±51.0	2100.0±52.0
	LR	208.0±20.0	576.0±28.0	752.0±30.0	766.0±33.0	900.0±40.0	796.0±37.0	732.0±32.0	588.0±30.0	716.0±34.0	464.0±25.0	450.0±22.0
	NR	4.6±0.2	8.6±0.7	11.8±2.1	11.6±2.0	13.2±2.0	12.8±1.9	9.2±1.7	5.6±2.2	5.0±1.9	4.8±1.7	4.8±1.5
	NYB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0±0.1	2.0±0.3
12 : 12	LG	174.0±16.0	233.6±21.0	316.0±27.0	508.0±25.0	860.0±30.0	960.0±29.0	1044.0±32.0	1376.0±30.0	1460.0±31.0	1940±34.0	1900.0±30.0
	LR	152.0±20.5	596.0±38.0	720.0±41.0	792.0±40.0	860.0±30.0	864.0±31.0	972.0±30.0	1080.0±31.0	840.0±28.0	480.0±20.0	460.0±16.0
	NR	5.2±0.5	8.4±0.9	11.0±1.2	12.0±0.7	12.0±1.0	14.4±1.1	16.0±1.3	12.0±0.8	9.6±0.6	9.2±0.3	8.0±0.5
	NYB	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5±0.1	2.0±0.2	2.2±0.1
8 : 16	LG	212.0±5.8	220.0±6.2	280.0±6.4	396.0±6.6	620.0±7.1	680.0±8.2	784.0±8.5	1460.0±10.1	1760.0±11.0	1880.0±12.0	1900.0±14
	LR	192.0±17.5	308.0±20.1	680.0±38.0	722.0±40.0	748.0±29.0	748.0±28.0	828.0±30.0	1060.0±32.0	856.0±33.0	808.0±31.0	800.0±29.0
	NR	4.8±1.5	8.4±2.3	8.6±2.5	10.2±3.0	11.6±1.7	12.8±2.0	13.0±2.2	13.6±2.0	10.8±1.9	10.0±1.5	9.8±0.8
	NYB	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5±0.1	1.0±0.1	1.8±0.3

LG : Length of germlings(μm). LR : Length of rhizoids(μm). NR : Number of rhizoids(ea). NYB : Number of newly developed young blades(ea).

Table 3. Growth response of germlings in *Hizikia fusiformis* to temperature regimes using 3,000 lux of light intensity and continuous illumination after 70 days culture (Mean±SD)

Temperature (°C)	Growth	Day										
		0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
10	LG	160.0±5.0	168.0±5.2	176.0±6.0	228.0±6.1	188.0±5.8	176.0±6.0	160.0±4.5	150.0±5.0	-	-	-
	LR	150.0±15.0	148.0±14.0	148.0±13.8	172.0±17.0	212.0±20.0	200.0±17.5	198.0±19.5	140.0±4.7	-	-	-
	NR	2.0±0.1	3.2±0.4	3.4±0.5	3.6±0.5	4.4±0.7	4.4±0.9	4.0±0.8	4.0±1.0	-	-	-
	NYB	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
15	LG	60.0±5.0	172.0±6.2	180.0±7.0	204.0±8.0	528.0±15.5	1480.0±21.5	2140.0±24.0	3850.0±25.0	3980.0±21.5	4100.0±22.6	4700.0±25.0
	LR	155.0±10.5	168.0±12.0	160.0±15.0	180.0±13.0	372.0±22.0	540.0±27.0	636.0±25.3	690.0±26.0	750.0±24.5	820.0±25.0	840.0±24.0
	NR	2.0±0.1	3.6±1.2	3.8±1.3	4.0±1.5	5.4±1.7	5.9±1.0	6.2±1.2	7.9±1.5	8.5±1.3	9.0±2.0	9.8±3.0
	NYB	0	0	0	0	0	0	0.5±0.1	1.0±0.2	2.0±0.4	3.5±0.5	4.6±1.0
20	LG	160.0±5.0	156.0±4.9	168.0±5.2	396.0±10.1	720.0±13.0	980.0±15.0	1840.0±18.0	2740.0±21.0	3100.0±20.5	3785.0±22.0	4300.0±20.1
	LR	150.0±5.0	192.0±7.0	120.0±4.1	268.0±6.2	368.0±7.2	490.0±8.3	598.0±9.0	680.0±10.2	760.0±12.0	845.0±13.5	940.0±15.6
	NR	2.0±0.1	3.8±0.5	4.0±0.8	4.4±1.2	6.8±0.7	7.0±1.0	7.0±1.1	7.2±1.3	7.2±1.5	8.0±1.3	8.0±1.5
	NYB	0	0	0	0	0	0	0.5±0.2	1.0±0.2	3.0±0.2	3.5±0.4	3.6±0.5
25	LG	160.0±5.0	184.0±7.1	240.0±7.4	464.0±13.4	876.0±15.0	950.0±13.5	1540.0±17.5	1960.0±19.1	2100.0±21.2	2300.0±22.5	2300.0±24.0
	LR	160.0±10.5	180.0±6.8	316.0±15.0	418.0±14.5	588.0±15.5	650.0±17.0	740.0±18.5	820.0±20.0	960.0±19.8	1100.0±22.0	1140.0±21.0
	NR	2.0±0.1	5.0±0.5	6.8±1.1	9.2±1.3	9.6±1.5	10.0±1.0	9.0±0.5	9.0±0.4	9.2±0.7	9.2±0.6	9.2±0.7
	NYB	0	0	0	0	0	0.5±0.1	1.0±0.2	2.0±0.2	2.0±0.1	2.4±0.5	2.6±0.8
30	LG	160.0±5.0	176.0±6.2	240.0±8.0	340.0±9.3	704.0±18.9	860.0±20.1	1140.0±25.0	1500.0±26.5	1580.0±27.0	-	-
	LR	155.0±10.0	166.0±12.0	288.0±14.1	44.0±20.0	600.0±25.0	650.0±26.0	780.0±25.5	796.0±20.5	-	-	-
	NR	2.0±0.1	4.6±0.9	7.6±2.0	7.2±0.8	5.2±1.9	6.2±1.8	7.0±1.9	7.6±2.0	-	-	-
	NYB	0	0	0	0	0	0	0	0.50.2	-	-	-

LG : Length of germlings(μm), LR : Length of rhizoids(μm), NR : Number of rhizoids(ea), NYB : Number of newly developed young blades(ea).

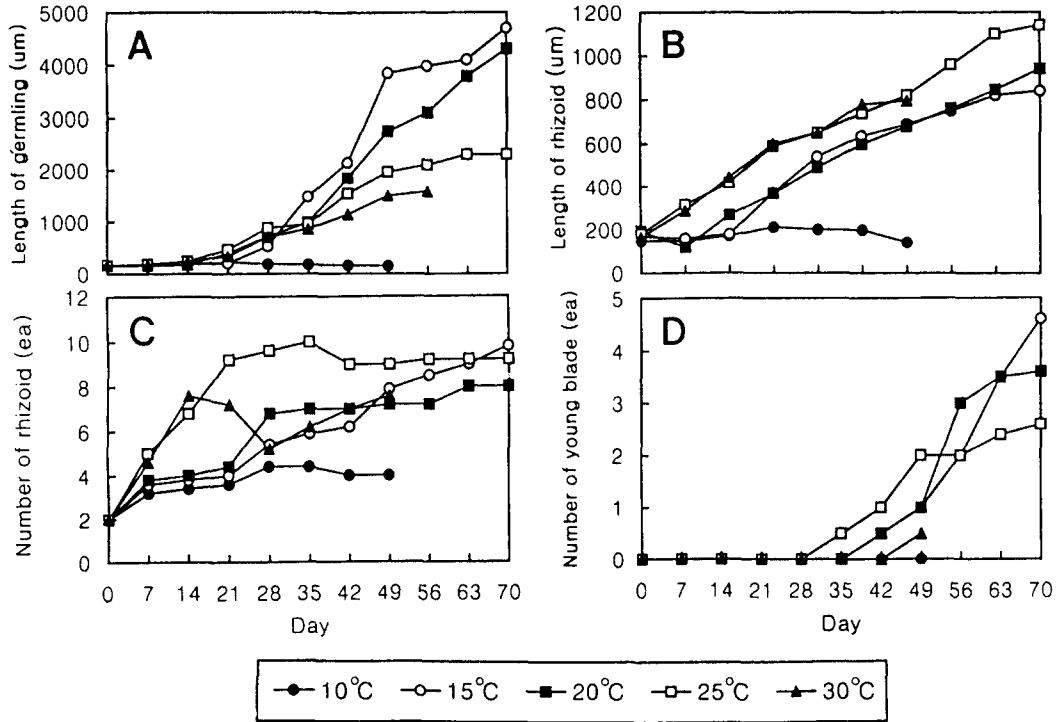


Fig. 7. Effects of temperature on growth and differentiation of germlings in *Hizikia fusiformis*, under 3,000 lux with continuous illumination after 70 days culture. A: Length of germlings. B: Length of rhizoids. C: Number of rhizoids. D: Number of differentiated young blades.

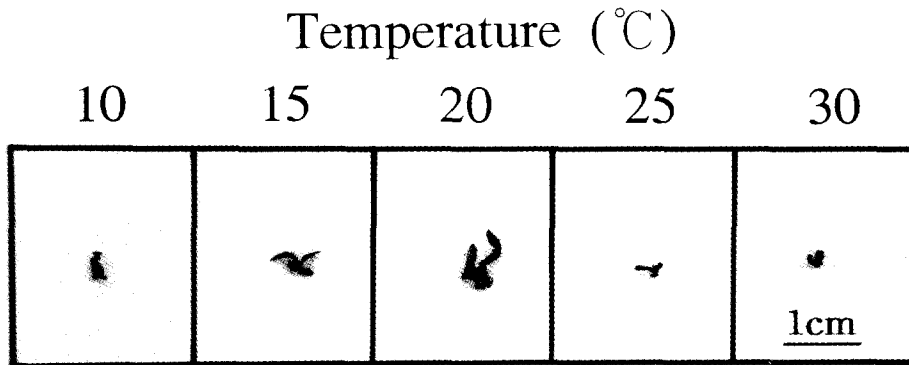


Fig. 8. Effects of temperature on growth of germlings in *Hizikia fusiformis*, under 3,000 lux with continuous illumination after 75 days culture.

내었으나 이후 점차 감소하였고, 배양 70일후 15°C 구간에서 최대 9.8 ± 0.9 개를 나타내었다.

유엽의 분화(Fig. 7D)는 배양 35일째 25°C

구간에서 처음 분화되기 시작하여 42일째는 15°C와 20°C에서, 49일째는 30°C에서 유엽의 분화가 이루어졌으나, 10°C 구간에서는 배양기간동안 유

엽의 분화가 이루어지지 않았다.

하와 고(1992)는 톡의 초기 성장 실험에서 $17 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 의 일정한 수온 조건에서 생장이 $19 \sim 25^\circ\text{C}$ 의 자연 수온 조건보다 뚜렷한 증가를 보였다고 보고하였는데, 본 실험 결과에서는 $15 \sim 25^\circ\text{C}$ 구간에서 비교적 높은 성장률과 분화를 나타내었다 (Fig. 8).

고 찰

조간대에 서식하는 해조류의 생장은 광량, 온도, 염분 등 여러 가지 환경요인에 의해 영향을 받는다 (Gendron, 1989; Santelices *et al.*, 1993). 특히 갈조류의 경우 동종 내에서도 어린 시기와 성숙 엽체 사이의 빛에 대한 성장 반응에는 차이를 보여 (Fei and Neushul, 1984; Hales and Fletcher, 1989), 발아체의 성장과 성엽의 성장에는 각기 다른 조건을 필요로 하는 것으로 보고 되어왔다.

이와 관련하여 본 실험에서 나타난 생장의 최적 조도는 $2,000 \sim 4,000 \text{ lux}$ 로서 엽체 재생시의 $10,000 \sim 15,000 \text{ lux}$ (Hwang *et al.*, 1994b) 보다 낮은 것으로서, 이는 발아체의 성장 단계 임을 고려한 것으로서, *Sargassum muticum*의 실험에서도 성엽과 달리 발아체의 성장에는 $44 \mu\text{Em}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($2,500 \text{ lux}$)가 생장에 최적 조도라고 보고한 Hales and Fletcher (1989)의 결과와도 일치하는 것이라 할 수 있다. 또한 Lüning (1981)은 빛이 온도와 영양염 등 다른 조건이 적당할 경우 해조류의 형태적 발달을 유발하는 개시신호 (trigger)로 작용한다고 하였으며 Russell (1973)은 갈조류에서 배우자 형성이 광주기의 영향을 받는다고 하였다. 그리고 Burrows (1956)는 광선이 기관 분화에 영향을 미치는 요인이며, 저조도에서 세포 생장이 억제되나 고조도 조건에서는 세포 성장 및 엽체의 신장이 일어난다고 하였고, Hruby and Norton (1979)는 조도차에 따라 형태적 발현 양상을 달리한다고 하여 특히 갈조류의 발생과정 및 형태형성 과정에 있어서

빛의 영향이 가장 크게 나타남을 알 수 있고 이러한 경향은 톡에 있어서도 유사한 경향으로 나타났다. 또한 De Wreede (1976)은 온도가 *Sargassum spp.*의 생식기형성을 억제할 수 있음을 보고하여 빛의 조건 뿐 아니라 온도도 충분조건이 이루어져야 함을 밝혔는데, 이는 Hwang *et al.* (1994b)의 조도와 온도의 상호작용 결과로 5°C 에서는 생식기탁 형성이 이루어지지 않았던 점과 일치하는 결과이며, 본 실험에서도 온도 구간별로 성장차이를 보이고는 있으나 최적 온도인 $15 \sim 20^\circ\text{C}$ 구간에서는 배양환경중 가장 큰 요인으로 작용하는 것은 조도 및 광주기의 영향인 것으로 보인다.

톡의 초기 발생에 관하여 Suto (1951a)는 알이 방출된지 24시간 후에 점질이 용해되어 모체로부터 이탈된다고 하였는데, 본 실험에서 난세포는 생식기집으로부터 방출되어 암생식기탁에 붙어 있으면서 수정을 하는 것으로 보이는데, 방출되어 생식기탁에 부착되어 있는 난세포에는 8개의 핵이 뚜렷하게 보이거나 이 단계의 난을 분리 배양하여 보면 발생이 정지되는 것으로 보아 정상적인 발생을 위하여는 세포질 분열이 시작된 이후 저절로 방출되는 것을 기다려야만 하는 것으로 보인다. 세포질 분열이 일어난 후의 4~8세포기에 일부 배가 생식기탁으로부터 이탈되기 시작하는데 이 시기에 이탈되는 유배의 양은 1회에 약 80%에 달하므로 성숙한 엽체로부터 많은 양의 유배를 수집해야 할 경우 난의 발생과정을 정확히 관찰하여 수정후 1~2일째의 세포질 분열단계로 하는 것이 효과적일 것이다.

톡의 증식 방법으로 유성생식을 이용하는 것은 四井(1992)이 언급한 바와도 같이 기술적으로는 가능하나 종묘배양후 장기간의 해면양식을 필요로 한다고 하였고, 西川·小川(1977)은 톡의 이식 효과에 관하여 보고하면서 유성생식을 통해 난으로부터 발생된 톡이 산업적으로 유용한 현존량을 보이는 것은 3년 이후였다고 보고하였다. 또한 난으로부터 발생하여 이식한 후 3년된 톡의 현존량과 개체 밀도는 자연 어장에서 3월 하순에

조사한 최대 현존량 및 개체밀도와 유사한 결과를 나타내었다고 보고하여 자연에서도 툇은 유성생식 보다는 포복지에 의한 영양번식이 우세(西川 · 小川, 1977)한 것으로 결론지었다. 그러나 양식 기술 발달과 효율적인 종묘생산을 위하여는 유성생식을 통한 대량 배양 체계가 확립되어야 하며, 이미 광주기에 의한 조절로 주지의 분화 유도가 가능성이 밝혀져 있으므로(Park *et al.*, 1995), 주지의 분화를 유도하기 위한 전 단계인 수정으로부터 초기엽 형성시 까지 배양환경의 구명은 무엇보다도 중요한 일이라 할 수 있다. 본 실험 결과를 실용화하기 위하여는 미역 양식의 경우와 같이 채묘물에 유배를 채묘하여 수조배양 관리를 실시하고 유배의 탈락을 방지하면서 생장을 촉진시킬 수 있는 대규모 배양시의 배양환경에 관한 차후의 실험이 요구된다.

요 약

툇의 유성생식을 통한 인공종묘생산 방법을 확립하기 위하여 초기 생장에 미치는 조도, 광주기 및 온도의 효과를 연구하였다. 각기 다른 조도(500, 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 lux), 광주기(8 : 16, 12 : 12, 16 : 8 (L : D))와 온도(10, 15, 20, 25, 30°C) 조건에서 유배를 70일간 배양한 결과 초기 생장 단계의 최적 조건으로는 조도 2,000~4,000 lux, 광주기 16 : 8 (L : D)와 온도조건으로는 15~20°C가 효과적인 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Burrows, E. M. 1956. Growth control in the Fucaceae. Proc. Int. Seaweed Symp., 2 : 163-170.
- De Wreede, R. E. 1976. The phenology of three species of *Sargassum* (Sargassaceae, Phaeopyta) in Hawaii. Phycologia, 15 : 175-183.
- Fei, X. G. and M. Neushul. 1984. The effect of light on the growth and development of giant kelp. Hydrobiologia, 116 : 456-462.
- Gendron, L. 1989. Seasonal growth of the kelp *Laminaria longicuris* in Baie des Chaleurs, Québec, in relation to nutrient and light availability. Bot. Mar., 32 : 345-354.
- Guillard, R. R. L. 1968. A simplified antibiotic treatment for obtaining axenic cultures of marine phytoplankton. Mimeographed document. Woods Hole Oceano. Inst., Mar. Bio. Lab., 9 pp.
- Hales, J. M. and R. L. Fletcher. 1989. Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. IV. The effect of temperature, irradiance and salinity on germling growth. Bot. Mar., 32 : 167-176.
- Hruby, T. and T. A. Norton. 1979. Algal colonization on rocky shores in the Firth of Clyde. J. Ecol., 67 : 56-77.
- Hwang, E. K., C. H. Kim and C. H. Sohn. 1994a. Callus-like formation and differentiation in *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura. Korean J. Phycol., 9 : 77-84.
- Hwang, E. K., C. S. Park and C. H. Sohn. 1994b. Effects of light intensity and temperature on regeneration, differentiation and receptacle formation of *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura. Korean J. Phycol., 9 : 85-94.
- Katada, M. 1940. Ecological studies for the conservation of *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura. Imp. Fish. Ins., 5 : 320-326.
- Katada, M. 1952. Ecological studies for the conservation of *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura, (I) On the communities of *Hizikia fusiformis* (Harv.) Okam. and *Sargassum thunbergii* (Mert.) O. Kuntze at Kominato, Chiba Prefecture. Imp. Fish. Ins., 35 : 40-47.
- Lüning, K. 1981. Light. In The biology of seaweeds (eds. Lobban C. S. and M. J. Wynne). Blackwell Sci. Pub., USA, pp. 326-355.
- Park, C. S., E. K. Hwang, Y. H. Yi and C. H. Sohn. 1995. Effects of daylength on the differentiation and receptacle formation of *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura. Korean J. Phycol., 10 : 45-50.

- Russell, G. 1973. The Phaeophyta : A synopsis of some recent developments. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 11 : 45-88.
- Santelices, B., R. Westermeier and M. Bobadilla. 1993. Effects of stock loading and planting distance on the growth and production of *Gracilaria chilensis* in rope culture. *J. Appl. Phycol.* 5 : 517-524.
- Sohn, C. H. 1993. *Porphyra*, *Undaria* and *Hizikia* cultivation in Korea. *Korean J. Phycol.*, 8 : 207-216.
- Suto, S. 1951a. On shedding of eggs, liberation of embryos and their later fixing in *Hizikia fusiforme*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 17(1) : 9-12.
- Suto, S. 1951b. On growth of "Bush" in *Hizikia fusiforme*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 17(1) : 13-14.
- Uchida, T., K. Yoshikawa, A. Arai and S. Arai. 1991. Life cycle and its control of *Sargassum muticum* (Phaeophyta) in batch culture. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57 : 2249-2253.
- 新井朱美·新井章吾. 1983. ヒジキとウミトラノオの入植に影響する諸條件. *水産増殖*, 30(4) : 184-191.
- 西川博·小川英雄. 1977. ヒジキの移植効果について. *水産増殖*, 24(4) : 123-127.
- 寺脇利信. 1985. 三浦半島小田和灣におけるヒジキの生長と成熟. *水産増殖*, 33(3) : 115-118.
- 四井敏雄. 1992. ヒジキ. *食用藻類の栽培* (三浦昭雄編). 恒星社厚生閣, 日本. pp. 88-93.
- 노경환. 1995. 툃(*Hizikia fusiformis*) 양식에 있어서 이식효과에 관한 연구. 부산수산대학교 석사학위논문, 57pp.
- 류영출·김상근·조재현. 1985. 툃 양식시험. 국립수산진흥원 사업보고, 55 : 114-124.
- 손철현. 1996. 한국 해조류 양식 발달에 관한 고찰. *조류학회지* 11(4) : 357-364.
- 하동수·고대회. 1992. 툃 증산시험. 국립수산진흥원 사업보고, 96 : 153-177.