

## 갈조류 감태 (*Ecklonia cava* Kjellman)의 대량양식을 위한 가이식 및 양성 조건

황은경·공용근·하동수·박찬선<sup>1\*</sup>

국립수산과학원 해조류바이오연구센터, 국립목포대학교 해양수산자원학과

### Nursery and Main Culture Conditions for Mass Cultivation of the Brown Alga, *Ecklonia cava* Kjellman

Eun Kyoung Hwang, Yong Geun Gong,  
Dong Su Ha and Chan Sun Park<sup>1\*</sup>

Seaweed Research Center, NFRDI, Mokpo 530-831, Korea,

<sup>1</sup>Dept. Marine and Fisheries Resources, Mokpo National University, Muan 534-830, Korea

The mass cultivation of *Ecklonia cava* Kjellman was studied as a potential biomass source for the extract industry in Korea. Experiments were conducted to investigate the optimal conditions for artificial seed production and mass cultivation of this species. Maximum growth and young thalli development in the nursery culture area occurred at 2 m depth, whereas maximum growth of thalli in the main culture area occurred at 1 m depth. Production of *E. cava* was between 2.6 and 3.6 kg wet wt. m<sup>-1</sup> after depth control and removal of fouling organism, etc. The relationship between optimal water depth for culture and underwater irradiance during the *E. cava* cultivation was calculated as:  $y = -0.718x + 8.042$  ( $r^2=0.976$ ). The growth rates achieved in this trial indicate that *E. cava* cultures could produce and supply sufficient biomass.

Key words: *Ecklonia cava*, Nursery, Main culture, Mass cultivation

#### 서 론

해조류는 아시아 지역 국가들에서 인간의 식량원이나 해산 동물의 사료로 이용해 온 매우 오랜 역사를 가지고 있다 (Critchley, 1993). 집약적인 양식을 통한 해조류의 대량 양식 기술은 중국, 일본 그리고 우리나라의 김, 미역 및 다시마 (Kawashima, 1984; Tseng, 1987; Ohno and Matsuoka, 1993; Oohusa, 1993) 등에서 발달되어왔다.

감태 (*Ecklonia cava* Kjellman)는 해중림을 구성하는 대형 갈조류로서 연안 생태계에서 1차 생산자로서의 중요한 기능을 담당하고 있으며 (Kang and Yoo, 1993; Brown and Lamare, 1994), 해중림 조성용, 식용 또는 기능성 물질의 추출원 (Athukorala et al., 2006; Hong et al., 2006)으로도 그 수요가 크게 증대되고 있다. 감태는 항암, 항응집소 및 항트롬빈 다당류로 잘 알려져 있는 fucoidan의 추출원으로 널리 알려져 있으며 (Heo et al. 2003), phloroPHannin이라 불리는 폴리페놀의 함량이 다른 갈조류에 비하여 매우 높은 것으로 알려져 있다 (Ahn et al. 2007). 이들 폴리페놀의 이차대사산물인 eckol, 6,6'-bieckol, dieckol, phlorofucufuroeckol과 triphlorethol-A 등은 생물학적 활성과 직접 연관되어 있어, 감태의 폴리페놀은 해조류를 이용한 고차 산업에 이용가치가 매우 높다.

그러나 현재 산업적으로 이용되고 감태의 바이오매스는 대부분 자연적으로 탈락되는 염체를 수거하여 이용하고 있으며, 바이오매스 소재로서 감태의 대량양식은 현재까지 이루어

지지 않고 있다. 따라서 감태의 자연군락은 점차 감소되고 있는 경향으로, 자연자원의 보호와 효율적인 이용이라는 측면에서 대량 양식기법을 적용하여 (Hwang et al., 2009) 바이오매스의 안정적 확보를 꾀할 필요가 있다.

감태의 안정적인 대량양식 생산을 유도하기 위해서는 최근 모자반 (Hwang et al., 2007)과 곰피 (Hwang et al., 2009)에서 밝혀진 바와 같이 가이식 및 양성단계별 최적 광량과 적정 수심 간의 관계를 명확히 밝히는 것이 필수적인 선행요건이다. 따라서 본 논문에서는 감태의 인공채묘, 가이식 및 양성 조건을 밝힘으로써 안정적인 감태의 대량양식 방법을 확보하고자 하였다.

#### 재료 및 방법

##### 유주자 채묘

감태의 종묘생산은 2005년 10월에 제주도에서 채취한 성숙 모조를 전남 완도군 완도읍 정도리 해조류바이오연구센터 시험포로 옮겨 이루어졌다. 성숙 모조는 자낭반이 형성된 부위만을 절단하여 약 1시간 음건시킨 후 수조 (0.8×1.5×0.7 m)에 여과해수와 함께 넣어 유주자를 방출시킨 후 채묘틀 (미역용 크레모나사 21합사, 45×55 cm)을 이용하여 유주자를 채묘하였다 (Fig. 1A). 채묘틀은 4시간 동안 유주자액에 담가 유주자 착생을 유도하고 이후 깨끗한 여과해수를 넣은 수조로 옮겨 수조배양을 실시하였다 (Fig. 1B). 수조 배양은 유주자 채묘후 1주일간은 배양 해수를 환수시키지 않았으며, 이후 0.5 L min<sup>-1</sup>

\*Corresponding author: cspark85@mkpo.ac.kr

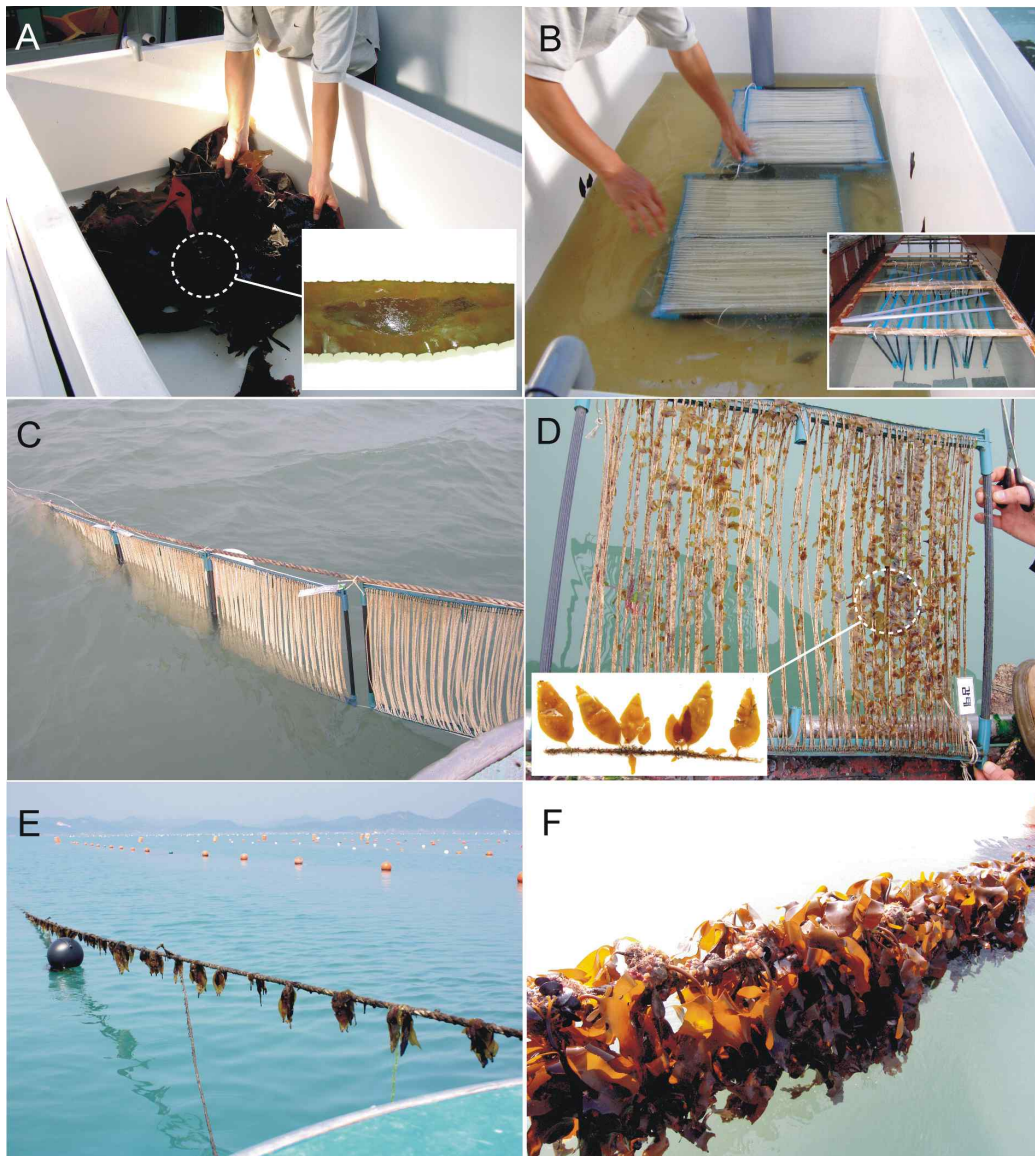


Fig. 1. Procedure for artificial seeding and cultivation of *Ecklonia cava*. A, Immersion of mature thalli for inducing zoospore release (white circle represent sori). B, Collecting zoospores on seed strings and moving it into culture tank. C, Seed fibers moved to the nursery culture area after 2 months culture in culture tank. D, Young blades on seed strings after 3 months culture *in situ* (white circle represent magnified young blades on seed string). E, Young thalli after 1 month of grow-out. F, Fully grown thalli after 8 months of grow-out.

로 배양 해수를 유수시켰다. 수온은 자연 수온 조건이었으며, 광은 차광막을 이용하여 정오시 수조 표면 광량이 약  $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  되도록 유지하였다.

#### 가이식 및 양성

수조 배양중인 채묘들에서 감태 아포체의 형성을 확인 한 후 가이식을 실시하였다 (Figs. 1C, D). 감태의 가이식은 전남 완도군 약산면 장용리 시험어장에서 2006년 1월부터 2006년 3월까지 실시하였다. 각각의 수심별 (1, 1.5, 2, 2.5 및 3 m)로 감태 채묘들을 수직으로 시설하였다. 엽체의 성장 측정은 중사 10 cm에 부착된 감태 엽체의 엽장, 엽폭 및 부착 개체수와

중량을 측정하였으며, 모든 실험구에서 3반복 실험구의 평균치와 표준편차를 구하였다.

수심별 양성 실험은 2006년 3월부터 10월까지 실시하였으며, 양성 방법은 감태 유엽이 착생된 종사를 3 cm 길이로 잘라 양성 로프에 20 cm 간격으로 끼우기식으로 시설하였다. 수직식 양성 시설은 0.5~3 m 까지 0.5 m 간격으로 구분하여 시설하였으며, 각각의 수심별로 엽체의 성장을 측정하였다 (Figs. 1E, F). 성장 측정은 매월 두개씩의 수직 연승을 회수하여 이루어졌으며, 엽장, 엽폭, 엽중량, 주지길이, 단위 m당 현존량과 개체수를 측정하였다. 수평식 양성실험구의 성장도 조사는 수심 1 m에 위치하도록 시설한 연승에서 2006년 3월부

터 2007년 3월까지 매월 각각 1 m 연승에 부착된 모든 엽체를 두 구간씩 채취하여 반복실험구로 사용하였으며, 엽장, 엽폭, 엽중량, 주지길이, 단위 m당 현존량과 개체수를 측정하였다.

수중 광량 및 수온 측정

감태의 가이식 및 양성 기간중 수중 광량과 수심의 관계 표준화를 위하여 수심별로 수중 광량을 측정하였다. 수심별 수중 광량의 측정은 0~5 m까지 0.5 m 간격으로 Li-Cor (LI-1400)과 Spherical sensor를 이용하여 각각 5회 측정된 값의 평균치를 해당 수심의 수중 광량값으로 구하였다. 수온의 측정은 YSI-85 (YSI Inc., USA)를 이용하여 2006년 1월부터 2007년 3월까지 가이식 및 양성기간 동안 매월 표층수온을 측정하였다. 수온 및 수중광량의 측정 시각은 각 측정일의 정오를 기준으로 하여 1시간 이내에 측정하였다.

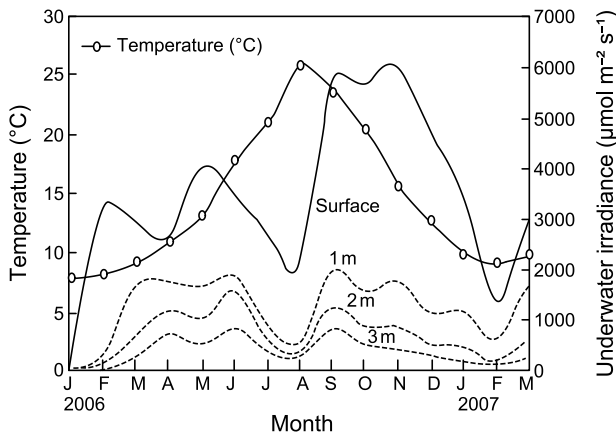


Fig. 2. Fluctuations in water temperature and underwater irradiance during the nursery and main culture periods of *Ecklonia cava*. Irradiance was measured every month from January 2006 to March 2007 in the culture ground at Wando, Korea. Water temperature was recorded at 1 m depth.

Table 1. Relation between growth rate and depth in *Ecklonia cava* during the different cultivation periods

Stage	Depth (m)	Growth				Regression of depth vs ln light
		Initial length (mm)	Final length (mm)	Duration (Day)	Growth rate (mm/day)*	
I	1.0	0	13.2±3.6	103	0.128±0.004 <sup>a</sup>	Y=-0.91x+7.90 (r <sup>2</sup> =0.99)
	1.5	0	17.9±3.7	103	0.174±0.015 <sup>b</sup>	
	2.0	0	19.3±2.1	103	0.187±0.024 <sup>c</sup>	
	2.5	0	7.7±2.7	103	0.075±0.032 <sup>b</sup>	
	3.0	0	3.2±0.4	103	0.031±0.012 <sup>a</sup>	
II	0.5	20.5±0.1	318.5±46.5	210	1.419±0.220 <sup>e</sup>	Y=-0.59x+7.97 (r <sup>2</sup> =0.98)
	1.0	20.5±0.2	551.7±45.1	210	2.530±0.214 <sup>d</sup>	
	1.5	20.5±0.1	420.6±41.0	210	1.905±0.195 <sup>f</sup>	
	2.0	20.5±0.1	339.4±51.1	210	1.519±0.241 <sup>e</sup>	
	2.5	20.5±0.1	303.4±75.3	210	1.347±0.358 <sup>d</sup>	
	3.0	20.5±0.2	207.5±49.7	210	0.890±0.236 <sup>c</sup>	

\* Values (mean ± s.d. of triplicate groups) in same column having different superscripts are significantly different (P<0.01) as a result of a posteriori.

통계처리

감태의 양식 단계 및 수심별 평균 성장율의 데이터 처리는 one-way ANOVA 분석에 의하여 유의차를 검정하였다. 데이터간의 유의차가 나타난 경우 유의차의 검정은 Fisher's LSD test를 이용하였다.

결 과

실험기간동안 양식장의 수온변화는 7.6°C부터 25.6°C까지 변화하였는데, 최고 수온은 2006년 8월 그리고 최저수온은 2006년 1월에 각각 측정되었다 (Fig. 2). 각 수심별 수중광량은 측정 시기마다 변화가 매우 컸으나 봄철과 가을철에 상대적으로 높은 것으로 측정되었다 (Fig. 2). 실험기간중 실험어장의 염분농도는 29.7~33.6 ppt 범위였으며, 평균 유속은 0.4 m s<sup>-1</sup>였다.

생장

가이식 단계 (Stage I)에서 감태의 생장은 아포체로부터 육안적인 엽체로의 생장이 이루어지는 시기로 수온은 7.6°C에서 8.9°C로 수온이 상승하였다. 103일간의 가이식 실험 후 가이식 수심별 감태 유엽의 엽장은 수심 2 m 구간에서 19.3±2.1 mm로 타 수심 구간들에 비하여 컸으며 (Fig. 3A, Table 1), 성장율은 0.187±0.024 mm day<sup>-1</sup>로 타 수심 구간에 비하여 유의한 차이를 나타내었다 (P<0.01, Table 1).

본양성 시작시 감태의 엽장은 평균 20.5±0.2 mm였으며, 210일의 본양성 기간동안 수온은 8.9°C에서 20.3°C로 상승하였다. 각 수심별 감태 엽체의 엽장은 수심 1 m 구간에서 210일 후 551.7±45.1 mm로 타 수심 구간들에 비하여 컸다 (Fig. 3B, Table 1). 또한 수심 1 m 실험구에서의 성장율은 2.530±0.214 mm day<sup>-1</sup>로 타 수심 구간들에 비하여 유의한 차이를 나타내었다 (P<0.01, Table 1).

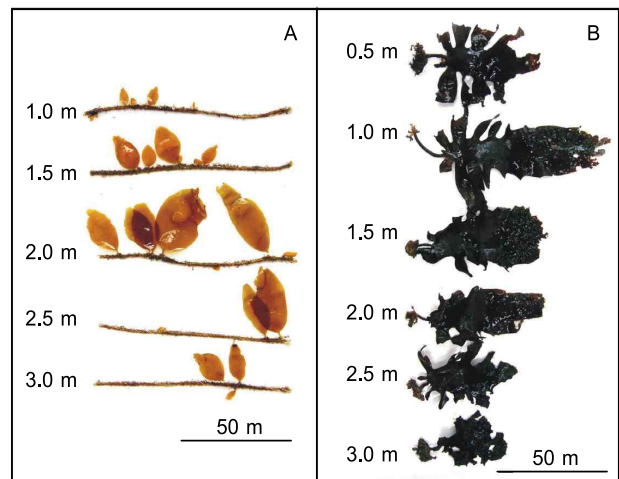


Fig. 3. Growth of *Ecklonia cava* stages at different water depth conditions. A, Stage I (nursery cultivation) conducted from January to March 2006. B, Stage II (main cultivation) conducted from March to October 2006.

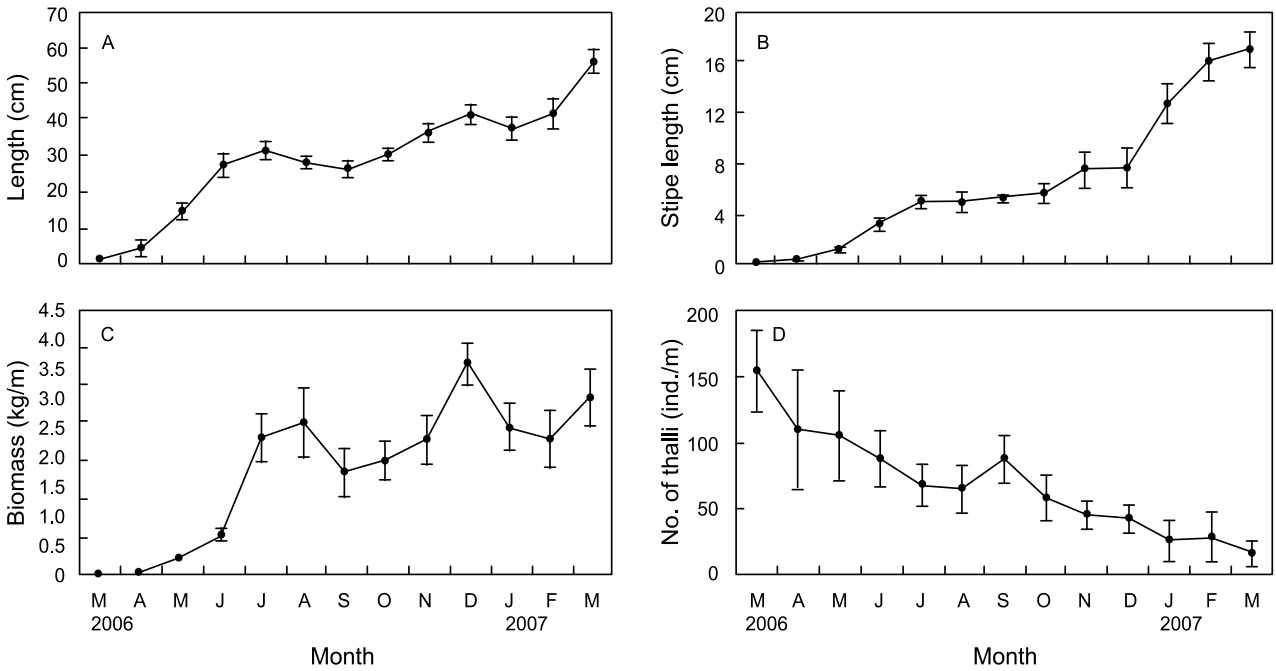


Fig. 4. Growth and development of *Ecklonia cava* during main cultivation (Stage II), length (A), stipe length (B), biomass (C) and number of thalli (D) under the optimal culture depth at 1 m depth.

수평식 연승에서 감태의 월별 생장은 2006년 3월부터 길이 생장이 빠르게 증가하여 2006년 7월에 최대 엽장 31.7±2.5 cm에 도달하였으며 이후 감소하였다가 10월 이후 다시 길이 생장이 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 4A). 감태의 주지길이는 2006년 7월에 4.9±0.5 cm로 증가하였으며 2006년 10월까지 주지길이의 변화가 없다가 11월부터 다시 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 4B). 감태의 생체량은 2006년 8월에 최대 2.6±0.6 kg m<sup>-1</sup>을 나타내었으며 2006년 12월에 최대 3.6±0.4 kg m<sup>-1</sup>을 나타내었다 (Fig. 4C). 양식 로프의 단위 길이당 감태 엽체의 수는 양식기간이 경과함에 따라 점차 감소하는 경향을 보여 2006년 3월에 156.4±31.1 ind. m<sup>-1</sup>에서 2007년 3월에 15.1±9.5 ind. m<sup>-1</sup>까지 감소하였다 (Fig. 4D).

고찰

우리나라의 해조류양식은 대부분 식용 생체량 생산에 국한되고 있으며 자원 조성용으로 사용이 우수한 효과를 볼 수 있는 다년생 대형 갈조류인 감태류의 생태에 대하여 외국에서는 Maegawa (1990), Maegawa and Kida (1989) 등에 의해 연구된 바 있다. 국내에서는 곰피의 성장과 연령 조성에 관한 연구 (Park et al., 1994)와 Hwang et al. (2009)의 양식연구를 제외하면 감태의 대량양식에 관한 연구는 아직까지 체계적으로 수행되지 않았다.

감태는 이형세대교번을 수행하는 대형갈조류로 기본적으로는 곰피, 미역 및 다시마와 같은 방법으로 유주자 채묘를 통한 대량양식이 가능하다 (Hwang et al., 2009). Hwang et al. (2009)은 곰피의 경우 가이식 및 양성로프의 수심을 조절함

으로써 곰피의 성장단계별 최적 생장을 유도할 수 있도록 수중광량의 조절이 필요함을 언급하였다. 본 연구결과 감태에서도 이와 유사하게 가이식 및 양성단계별로 각각의 성장단계별 최적 생장을 위한 적정 수심과 이에 따른 수중광량의 관계를 Table 1에 관계식 (가이식:  $Y=-0.91x+7.90, r^2=0.99$ ; 양성:  $Y=-0.59x+7.97, r^2=0.98$ )으로 나타냈다.

자연 상태에서 감태의 생장은 계절 및 엽체의 연령에 따라 큰 차이를 나타내는데 (Maegawa, 1990; Maegawa and Kida, 1989), 본 연구결과 일년생 양식 감태의 최대 길이생장은 31.7±2.5 cm로 나타났으며, 2년생 감태의 경우 길이생장은 56.2±3.4 cm를 보였다 (Fig. 4A). 또한 양식 감태의 주지길이는 일년생이 평균 5 cm에서 2년생이 평균 15 cm 이상으로 점진적인 증가양상을 보였다 (Fig. 4B). 양식 생산량은 일년생 감태의 경우 2.6±0.6 kg m<sup>-1</sup>을 보였고, 2년생의 경우 3.6±0.4 kg m<sup>-1</sup>으로 점차 증가하는 경향을 나타내었다 (Fig. 4C). 이와 같은 2년생 감태의 높은 생산성은 다년생 갈조류에서 나타나는 특성으로 보아야 할 것이다. 또한 감태의 현존량은 주 성장 시기나 성숙 시기에 관계없이 연간 변동 폭이 미역 또는 다시마와 비교해 상대적으로 작은 것으로 나타났다. 이는 감태가 시공간적으로 연안 생태계 안정성 확보에 크게 기여하고 있는 것으로 평가될 수 있을 것이다.

Hwang et al. (2009)이 보고한 곰피 양식 경우 포복지로부터 지속적으로 재생되는 신생엽체가 가입되지만, 감태의 경우 포복지로부터 엽체의 재생이 일어나지 않으므로 새로운 신생엽의 가입이 없어 단위길이당 엽체의 수가 지속적으로 감소한다는 차이점이 있었다 (Fig. 4D). 또한 포복지의 발달 패턴에

있어서도 곰피의 경우는 양식로프를 감으면서 지속적으로 포복지가 재생되는데 반하여 감태의 경우 엽체가 생장해갈수록 부착기 부분이 반상형 형태로 되어 비교적 넓은 부착면적이 필요하게 되므로 양식장의 양식로프에서 지속적으로 부착하여 생장하는 것은 생장면에서 적당하지 않을 것으로 사료되었다.

Novaczek (1980)은 자연군락에서 *Ecklonia radiata* 포자체 성장율의 계절적 변동 원인이 영양염, 수온 그리고 광량의 변화에 따라 나타나는 내재적인 생체리듬 때문일 것으로 추론하였다. 실제로 본 연구의 양식장 실험조건에서 감태는 채묘들의 종사와 양식로프에 부착된 상태로 (Fig. 1) 일정한 수심에 위치하게 됨으로써 모조를 채취한 제주 연안의 수심 4.5 m인 자연식식조건에서 경험한 광의 조건과는 다른 광조건 하에 노출되었다. 그 결과 감태는 표면조도의 30~35%의 빛을 받을 수 있는 완도지역의 양식장 수심 1 m 조건에서 최대 성장율 ( $2.5 \pm 0.2 \text{ mm day}^{-1}$ )에 도달하였다. 이는 감태의 생장이 생장 단계 및 생육 환경조건에 따라 차이를 보이는 것으로 감태의 최대 성장을 유도하기 위해선 최적의 생육환경 조건을 생장 단계별로 조절하여 주어야 한다는 것을 의미한다.

본 연구결과 얻어진 일년생 양식 감태의 생산량  $2.6 \pm 0.6 \text{ kg m}^{-2}$ 은 갈조류의 모자반, 곰피 및 미역과 같은 해조류에서 보고된 바와 비교해보면 비교적 적은 값이나 (Hwang et al., 2007; 2009; Park et al. 2008), 감태는 비교적 높은 현존량을 연중 유지할 뿐만 아니라, 다른 해조류에 비해 생존 기대수명이 길기 때문에 이식 또는 양식효과가 지속적이고 안정적으로 나타나는 특성을 가지고 있다. 감태의 이러한 특성은 해중립 조성원 및 양식 대상종으로 점차 그 수요를 증가시키고 있다. 최근 우리나라에서 바다숲 가꾸기 사업에 소요되는 해중립의 종묘 수급과 폴리페놀 등 기능성 원료로의 바이오매스 수요 급증 등을 감안한다면 이러한 수요를 충족시키는 것은 양식을 통한 원료 확보 이외에는 다른 대안이 없다고 할 것이다. 감태의 완전양식기술은 감태의 유주자 채묘를 넘어선 Wi et al. (2008)이 보고한 감태 유리배우체를 통한 인공채묘 방법의 적용과 본 연구에서 얻어진 가이식 및 양성기술을 접목한다면, 감태 바이오매스의 지속적이고도 안정적인 생산은 충분히 달성될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 감태의 유주자 채묘를 통한 가이식 및 양성 단계별 최적생장을 유도하기 위한 적정 수심과 수중 광량과의 관계를 밝혔다. 이러한 감태의 야외 가이식 및 양성조건별 최적생장 조건의 구명은 해중립의 조성을 위한 종묘 확보 및 기능성 원료로의 바이오매스 확보 차원에서 안정적인 감태 수급을 가능케 하기 위한 가장 중요한 전제조건이다. 차후의 연구는 감태의 유주자 및 유리배우체를 이용한 비교 양성실험을 통하여 유리배우체를 이용한 대량양식의 가능성과 현장 적용성을 높이는 것이다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물과학원의 연구비 지원 (RP-2010-AQ-082)과 2009년도 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구

재단의 대학중점연구소 지원사업 (2009-0093828)으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- Ahn GN, Kim KN, Cha SH, Song CB, Lee JH, Heo MS, Yeo IK, Lee NH, Jee YH, Kim JS, Heu MS and Jeon YJ. 2007. Antioxidant activities of phlorotannins purified from *Ecklonia cava* on free radical scavenging using ESR and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-mediated DNA damage. *Eur Food Res Technol* 226, 71-79.
- Athukorala Y, Kim KN and Jeon YJ. 2006. Antiproliferative and antioxidant properties of an enzymatic hydrolysate from brown alga, *Ecklonia cava*. *Food and Chemical Toxicology*, 44, 1065-1074.
- Brown MT and Lamare MD. 1994. The distribution of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar within Timaru Harbour, New Zealand. *Jpn J Phycol* 42, 63-70.
- Critchley AT. 1993. Introduction-Seaweed resources. In: Ohno M, Critchley AT (eds) *Seaweed cultivation and marine ranching*. Jap Int Coop Agency, Yokosuka, Japan, 1-6.
- Heo SJ, Jeon YJ, Lee J, Kim HT and Lee KW. 2003. Antioxidant effect of enzymatic hydrolyzate from a kelp, *Ecklonia cava*. *Algae* 18, 341-348.
- Hong JH, Son BS, Kim BK, Chee HY, Song KS, Lee BH, Shin HC and Lee HC. 2006. Antihypertensive effect of *Ecklonia cava* extract. *Korean J Pharmacol*, 37, 200-205.
- Hwang EK, Baek JM and Park CS. 2007. Assessment of optimal depth and photon irradiance for cultivation of the brown alga, *Sargassum fulvellum* (Turner) C. Agardh. *J Appl Phycol* 19, 787-793.
- Hwang EK, Baek JM and Park CS. 2009. The mass cultivation of *Ecklonia stolonifera* Okamura as a summer feed for the abalone industry in Korea. *J Appl Phycol* 21, 585-590.
- Kang LS and Yoo SJ. 1993. The acute toxicity of three oils to the early life of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar. *Korean J Phycol* 8, 77-82.
- Kawashima S. 1984. Kombu cultivation in Japan for human foodstuff. *Jap J Phycol* 32, 379-394.
- Maegawa M. 1990. Ecological studies of *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell and *Ecklonia cava* Kjellman. *Bull Fac Bioresources Mie Univ* 4, 73-145.
- Maegawa M and Kida W. 1989. Regeneration process of *Ecklonia* marine forest in the coastal area of Shima Peninsula, central Japan. *Jpn J Phycol* 37, 194-200.
- Novaczek I. 1980. The development and phenology of

- Ecklonia radiata* (C. Ag.) J. Ag. PhD thesis, Auckland University, New Zealand, 340.
- Ohno M and Matsuoka M. 1993. *Undaria* cultivation 'Wakame'. In: Ohno M, Critchley AT (eds) Seaweed cultivation and marine ranching. Jap Int Coop Agency, Yokosuka, Japan, 41-50.
- Oohusa T. 1993. The cultivation of *Porphyra* 'Nori'. In: Ohno M, Critchley AT (eds) Seaweed cultivation and marine ranching. Jap Int Coop Agency, Yokosuka, Japan, 57-74.
- Park CS, Hwang EK, Lee SJ, Rho KW and Sohn CH. 1994. Age and growth of *Ecklonia stolonifera* Okamura in Pusan Bay, Korea. Bull Korean Fish Soc, 27, 390-396.
- Park CS, Park KY, Baek JM, Hwang EK. 2008. The occurrence of pinhole disease in relation to developmental stage in cultivated *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Phaeophyta) in Korea. J Appl Phycol 20, 485-490.
- Tseng CK. 1987. *Laminaria* mariculture in China. In: Doty MS, Caddy JF and Santelices B (eds) Case studies of seven commercial seaweed resources. FAO Fish Tech Paper 281 FAO, Rome.
- Wi MY, Hwang EH, Kim SC, Hwang MS, Baek JM and Park CS. 2008. Regeneration and maturation induction for the free-living gametophytes of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta). J Kor Fish Soc 41, 381-388.

---

2010년 9월 29일 접수

2010년 11월 25일 수정

2010년 12월 3일 수리