ISSN 1226-9999 (print)
ISSN 2287-7851 (online)

Korean J. Environ. Biol. 31(4) : 347~352 (2013) http://dx.doi.org/10.11626/KJEB.2013.31.4.347

자연자원 회복을 위한 감태(*Ecklonia cava* Kjellman)의 인공양식기법

황은경 · 황일기 · 박은정 · 공용근 · 박찬선[1,*]

국립수산과학원 해조류바이오연구센터, [1]국립목포대학교 해양수산자원학과

Cultivation Technique of *Ecklonia cava* Kjellman for Restoration of Natural Resources

Eun Kyoung Hwang, Il Ki Hwang, Eun Jeong Park, Yong Geun Gong and Chan Sun Park[1,*]

Seaweed Research Center, NFRDI, Mokpo 530-831, Korea
[1]*Department Marine Resources, Mokpo National University, Muan 534-830, Korea*

Abstract - Outdoor cultivation experiment was conducted with artificial seeds using free-living gametophytes and zoospores of *Ecklonia cava* to develop FLG (free-living gametophyte) seeding technique. Growth of thalli between FLG and zoospore seeding groups was compared monthly from May to October 2009 at culture farm in Wando, Korea. In September 2009, thalli in the FLG seeding experimental group were 35.9 ± 0.8 cm in length, 24.1 ± 2.62 g in weight, 2.32 ± 0.26 kg m^{-1} in biomass and 22.0 ± 2.8 individuals m^{-1} in density. There were no significant differences in length, weight, biomass and density between FLG and zoospore seeding group. Therefore, the FLG seeding technique could replace the zoospore seeding method which would eventually contribute in restoration and conservation of natural resources.

Key words : conservation, cultivation, *Ecklonia cava*, FLG (free-living fametophyte), natural resources, restoration

서 론

감태 (*Ecklonia cava* Kjellman 1885)는 해중림을 구성하는 대형갈조류로서 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. 그러나 현재 산업적으로 이용되고 감태의 바이오매스는 대부분 자연군락에서 자연적으로 탈락되는 엽체를 수거하여 이용하고 있으며, 바이오매스 소재로서 감태의 대량양식은 현재까지 이루어지지 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.

감태는 이형세대교번을 하는 해조류로서 배우체 세대에서 암수배우체를 각각 분리하여 무성적으로 증식시킬 수 있으며 필요시 배우자형성을 유도할 수 있다 (Lüning

* Corresponding author: Chan Sun Park, Tel. 061-450-2396, Fax. 061-452-8875, E-mail. cspark85@mokpo.ac.kr

ⓒ 2013. Korean Society of Environmental Biology.

1980). 또한 다시마류의 유리배우체를 대량증식시켜 양식에 이용하는 연구들이 보고되었으며 (Edding and Tala 2003; Westermeier *et al.* 2006), 중국에서는 다시마와 미역의 품종육종 및 양식에 유리배우체의 대량배양 기법을 적극적으로 이용하고 있는 추세이다. 우리나라에서는 감태와 곰피의 유리배우체 재생 및 성숙 유도에 관한 연구들이 (Wi *et al.* 2008; Hwang *et al.* 2010a) 보고된 바 있어 유리배우체에 의한 대량양식 기술의 전망을 밝게 해주고 있다.

현재 감태 바이오매스의 확보는 전적으로 자연군락으로부터 채취되는 것에 의존하고 있어 자연군락의 자원감소를 초래할 우려가 매우 크다. 한번 훼손된 감태의 자연군락은 원래의 안정된 군락으로 회복되기 위하여 적어도 3～4년의 긴 시간이 소요된다 (Wi *et al.* 2008). 따라서, 감태의 유리배우체 양식기법은 감태 자연 자원의 보호와 효율적인 이용에 유용한 방법이라 할 것이다. 본 연구에서는 감태의 유리배우체와 유주자 채묘를 통한 비교 양식 실험을 통하여 유리배우체를 이용한 양식의 이용 가능성 여부를 확인함으로써 대량양식에 있어 유리배우체의 활용 체계를 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 유리배우체의 배양

성숙 모조는 2007년 11월에 국립수산과학원 해조류연구센터에서 양식 실험중인 전남 완도군 약산면의 시험어장에서 채취하였다. 채취된 성숙 모조는 Ice box에 넣어 즉시 실험실로 운반한 뒤, 자낭반 부분을 절취하여 멸균해수로 수 회 세척한 후 멸균해수를 200 mL 채운 500 mL 용량의 비이커에 자낭반 조각을 넣고, Incubator (EYELA MTI-202B, Japan)을 이용하여 10°C, 20 μmol · m^{-2} · s^{-1} 및 10 : 14 h (L : D)조건에서 4시간 동안 유주자 방출을 유도하였다. 방출된 유주자액 0.1 mL를 취하여 12 multi well-plate를 이용한 희석법으로 유주자액을 차례로 분주하여 밀도를 조절하였다. 도립현미경 (Axio Observer A1, Carl zeiss, Germany)하에서 각각 암배우체와 수배우체로 구분하여 별도의 직경 5 cm의 멸균된 Petri dish에 수용하여 PESI 배양액 20 mL를 넣어 배양하면서 배양액은 2～3일 간격으로 환수하였다. 암수 배우체의 생장에 따라 배양용기를 250 mL로 옮겨 주고 PESI 배지를 첨가하여 각각의 암수배우체 덩어리가 직경 5 mm 크기에 도달할 때까지 50～60일간 배양하였다. 이후 배양용기의 크기를 1 L, 3 L, 10 L로 늘려가면서 배우체의 양을 증식시켰다.

2. 유주자와 유리배우체 채묘

유주자의 채묘는 2008년 11월에 제주지역의 성숙 모조를 채취하여 실험실로 운반한 후 Hwang *et al.* (2010b)의 방법에 의하여 채묘틀 (45 × 55 cm, 크레모나 21합사)에 부착시킨 후 가이식 및 양성 실험에 이용하였다.

유리배우체의 채묘는 2008년 11월에 암수 유리배우체의 비율을 1 : 2로 하여 30g-fresh wt.을 멸균해수 1 L와 함께 호모게나이저 (DI 25basic, GMBH & Co., Germany)의 8,000 rpm의 속도로 1분간 분쇄하여, 채묘틀 (45 × 55 cm, 크레모나 21합사)에 유리배우체를 채묘하였다. 유리배우체 채묘과정은 30L 수조에 채묘틀과 유리배우체 분쇄액을 함께 1주일간 배양하면서 유리배우체가 종사에 부착되도록 하였다. 모든 채묘틀은 채묘후 1시간 가량 그늘에서 건조후 가이식 이전까지 0.5톤 규모의 실내 수조에서 50일간 배양하였다. 채묘효과의 측정은 채묘후 종사 1 cm당 부착된 배우체의 수와 길이로 측정하였다.

3. 가이식 및 양성

감태 유주자 및 유리배우체가 채묘된 채묘틀의 가이식은 2009년 1월부터 4월까지 각각 유주자 및 유리배우체 채묘 실험구로 구분하여, 전남 완도군 약산면 시험어장 (34° 17′N, 126° 42′E)에서 실시하였다. 가이식 생장도는 10 cm 종사에 부착된 감태 엽체의 엽장과 생장률을 측정하였다. 모든 실험구는 3반복 실험구의 평균치와 표준편차를 구하였다.

양성실험은 2009년 5월부터 10월까지 유주자와 유리배우체 채묘 실험구 (살포식 채묘)로 구분하여 전남 완도군 약산면 시험어장에서 실시하였다. 양성 생장도는 월별 엽장, 엽폭, 엽중량 및 연승 단위m당 현존량과 개체수를 측정하였다. 모든 실험구는 3반복 실험구의 평균치와 표준편차를 구하였다.

4. 통계처리

감태 유주자 및 유리배우체 채묘 실험구의 양성 생장의 데이터 처리는 one-way ANOVA 분석에 의하여 유의차를 검정하였다. 데이터간의 유의차가 나타난 경우 유의차의 검정은 Fisher's LSD test를 이용하였다.

결 과

감태의 가이식 기간중 유주자 및 유리배우체 채묘 실험구의 생장은 Fig. 1a, b 및 Table 1과 같이 유주자 채묘

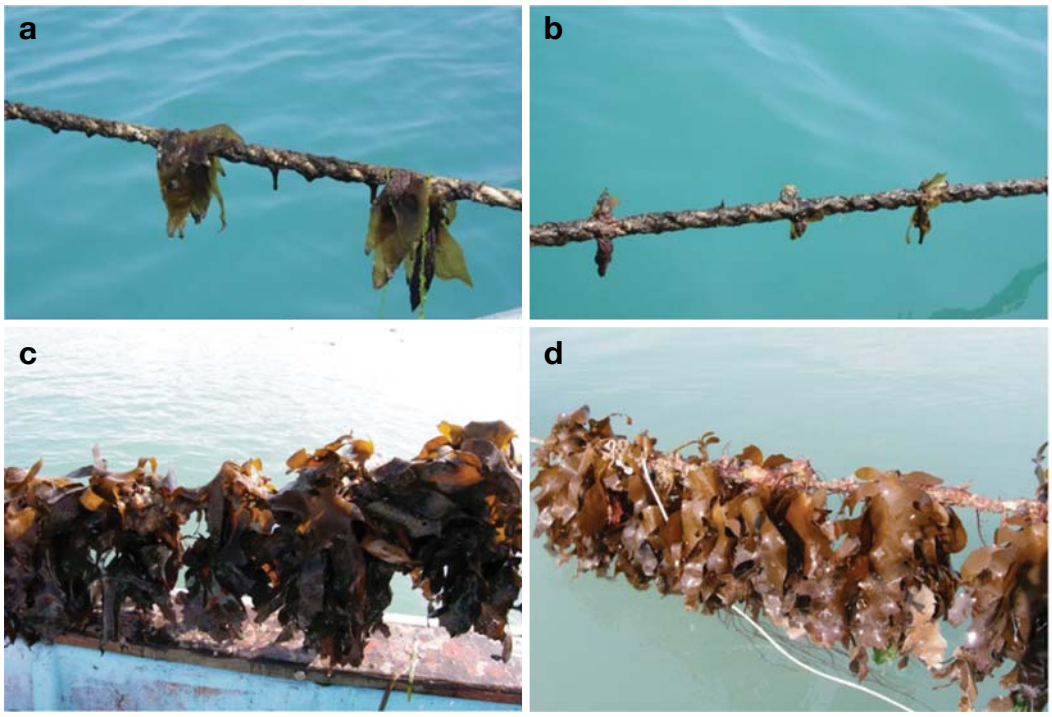

Fig. 1. Cultured *Ecklonia cava* thalli at May (a, b) and October 2009 (c, d). a, c: Free-living gametophyte seeding group. b, d: Zoospore seeding group.

Table 1. Relation between growth rate and seeding method in *Ecklonia cava* during the nursery and main cultivation periods

Culture stage	Seeding method	Growth			
		Initial length (mm)	Final length (mm)	Duration (Day)	Growth rate (mm day^{-1})
Nursery	Zoospore	0	12.1±0.5	90	2.770±0.084^{a}
	FLG*	0	11.2±0.2	90	2.684±0.086^{a}
Main cultivation	Zoospore	32.5±2.2	377.4±12.5	180	3.246±0.039^{b}
	FLG	31.4±3.2	359.6±10.8	180	3.219±0.014^{b}

*Free-living gametophyte

**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

실험구의 경우 생장율이 2.770±0.084 mm day^{-1}로 유리배우체 채묘 실험구 2.684±0.086 mm day^{-1}로 보다 높은 것으로 나타났으나 유의한 차이는 없었다.

감태의 양성기간중 유주자와 유리배우체 채묘 실험구의 양성생장도는 Fig. 1c, d 및 Fig. 2와 같다. 엽장(Fig. 2a)은 두 실험구 모두에서 유사한 경향을 나타내었으며, 유주자 채묘 실험구에서 2009년 10월 37.7±2.5 cm로 유리배우체 채묘 실험구의 35.9±0.8 cm보다 컸으나 유의한 차이를 나타내지는 않았다($p>0.05$). 감태 엽체의 개체별 중량(Fig. 2b)은 2009년 10월에 유주자 채묘 실험구에서 26.7±2.34 g으로 유리배우체 채묘 실험구의 24.1±2.62 g보다 높았으나 유의한 차이를 나타내지는 않았다($p>0.05$). 단위m당 감태 엽체의 밀도(Fig. 2c)는 2009년 10월에 유주자 채묘 실험구에서 23.0±5.6개체 m^{-1}로 유리배우체 채묘 실험구의 22.0±2.8개체 m^{-1}와 유사한 경향을 보였다. 단위m당 현존량(Fig. 2d)은 유주자 채묘 실험구에서 2009년 10월에 2.88±0.55 kg m^{-1}로 유리배우체 채묘 실험구의 2.32±0.26 kg m^{-1}보다 많았으나 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

감태의 양성 기간중 유주자 및 유리배우체 채묘 실험구의 생장은 유주자 채묘 실험구의 경우 생장율이 3.246±0.039 mm day^{-1}로 유리배우체 채묘 실험구의 3.219±0.014 mm day^{-1} (Table 1)보다 높은 것으로 나타났으나 유의한 차이는 없었다.

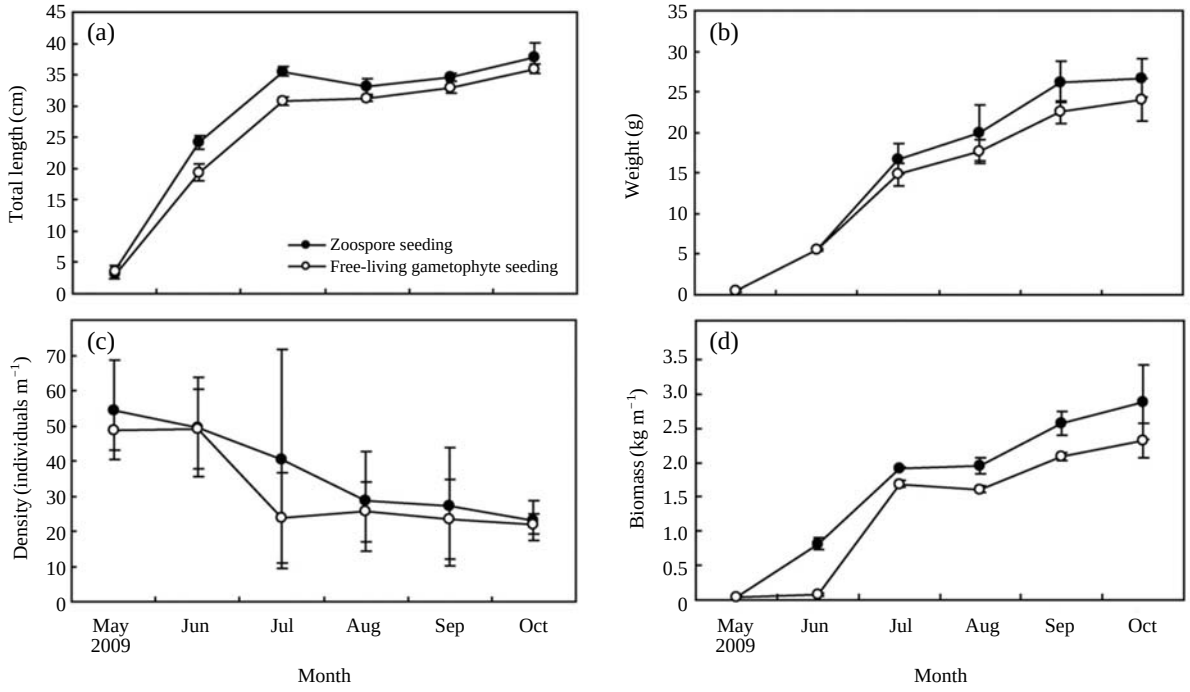

Fig. 2. Growth of *Ecklonia cava* by free-living gametophyte and zoospore seeding during cultivation experiment from May to October 2009. a: Total length (cm), b: weight (g), c: Density (individual m^{-1}), d: Biomass (kg m^{-1}).

고 찰

현재 우리나라에서 행해지고 있는 미역이나 다시마 등 갈조류 양식방법은 모조로부터 얻어진 유주자를 기질에 채묘하여 양식하는 방법을 사용하고 있으나 이러한 종묘생산 방법은 매년 성숙된 많은 양의 모조를 필요로 하므로 감태의 경우 자연군락의 훼손을 야기할 가능성이 높다. 한번 훼손된 감태 군락은 원래의 안정된 군락으로 회복되기 위해선 적어도 3~4년의 긴 시간이 소요된다 (Wi *et al.* 2008). 그러나 유리배우체의 배양에 의한 증식 방법은 소량의 성숙 엽체만으로도 많은 양의 배우체 확보가 가능하며, 확보된 배우체는 무성적으로 대량 증식이 용이하고 지속적인 계대배양이 가능할 뿐만 아니라, 클론 배우체 유도를 통한 우량 품종의 교배와 선발육종의 기초를 다질 수 있는 유용한 방법이기도 하다.

또한 본 연구에서 이용된 대형갈조류의 유리배우체의 배양 체계는 자연에서의 엽체 성숙 시기와는 독립적으로 연중 종묘생산이 가능하게 됨을 의미한다 (Wi *et al.* 2008). 감태와 같은 갈조류 유리배우체의 양식과 관련한 연구들로서, Westermeier *et al.* (2006)은 다시마과의 대형 갈조류인 *Lessonia trabeculata*와 *Macrocystis pyrifera*의 유리배우체 배양에 의한 인공양식에 성공함으로써 유리배우체를 이용한 다년생 대형 갈조류의 대량양식이 가능함을 입증한 바 있으며, 국내에서는 Hwang *et al.* (2012)이 대형 갈조류인 넓미역과 미역의 유리배우체 배양 기법을 이용하여 이종간의 교잡종을 유도하고, 기존의 종들보다 양식기간의 연장과 생체량의 증가가 있었음을 보고한 바 있다.

본 연구에서 감태의 인공양식에 있어 유주자 및 유리배우체를 활용한 양성 실험구간의 생장에서 유의한 차이를 보이지 않은 것은 유리배우체에 의한 대량양식의 적용이 보다 효율적이라는 가능함을 보여준 것이다. 다만 유리배우체의 채묘시 배우체 단편의 적정 채묘밀도에 대한 고려가 보다 충분히 이루어져야 산업적 규모의 인공종묘생산이 안정적으로 이루어질 수 있을 것으로 판단된다. 채묘방법에 따른 감태의 가이식 및 양성기간 중 엽체의 생장율은 Hwang *et al.* (2010b)의 동일 양식어장의 수심 2 m에서 얻어진 생장율 보다 높게 나타났는데, 이는 양식 기간중 양식장의 수온, 영양염 농도, 염분농도 등의 변동에 의한 것으로 판단된다.

Hwang *et al.* (2009)이 보고한 곰피 양식의 경우 포복지로부터 지속적으로 재생되는 신생엽체가 가입되지만, 감태의 경우 포복지로부터 엽체의 재생이 일어나지 않

으므로 새로운 신생엽의 가입이 없어 양식 로프 단위 길이당 엽체의 수가 지속적으로 감소하게 된다(Hwang *et al.* 2010b). 본 연구결과에서도 유주자 및 유리배우체 채묘 실험구 모두에서 양성기간 동안 지속적으로 엽체의 밀도가 감소하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 경향은 다년생인 감태의 양식 및 자연 서식지 이식 후 현존량 감소와 같은 상관관계가 있을 것으로 판단되며, 감태의 장기간 양성시 엽체 탈락 방지를 위한 적절한 대책이 강구되어야 할 것으로 보인다.

본 연구결과 얻어진 양식 감태의 생산량은 유주자 채묘의 경우 $2.8 \pm 0.5\,kg\,m^{-1}$, 유리배우체 채묘의 경우 $2.3 \pm 0.3\,kg\,m^{-1}$ 나타났는데, 이는 Hwang *et al.* (2010b)의 $2.6 \pm 0.6\,kg\,m^{-1}$과 유사한 경향을 보였다. 이러한 현존량은 갈조류의 모자반, 곰피 및 미역과 같은 해조류에서 보고된 바와 비교해보면 비교적 적은 값이나(Hwang *et al.* 2007; Park *et al.* 2008; Hwang *et al.* 2009), 감태는 연중 비교적 높은 현존량을 유지할 뿐만 아니라, 다른 해조류에 비해 생존 기대수명이 길기 때문에 다른 대형 갈조류보다 오히려 이식 또는 양식효과가 지속적이고 안정적으로 나타나는 특성을 가지고 있다. 감태의 이러한 특성은 해중림 조성원 및 양식 대상 종으로써 그 가치가 높다 할 것이다. 최근 우리나라에서 바다숲 가꾸기 사업에 소요되는 해중림의 종묘 수급과 폴리페놀 등 기능성 원료로의 바이오매스 수요 급증 등을 감안한다면 이러한 수요를 충족시키는 것은 인위적인 양식을 통한 원료 확보 이외에는 다른 대안이 없다고 할 것이다.

본 연구는 감태 양식을 위한 인공채묘시 유주자 및 유리배우체를 이용한 비교 양성실험을 통하여 유리배우체를 이용하더라도 양식 생산에는 크게 차이가 없음을 밝혀, 감태 유리배우체를 대량 양식에 적용함으로써 감태 자원을 효과적으로 증대시킬 수 있는 가능성을 확인하였다.

적 요

감태의 인공채묘시 유주자 및 유리배우체를 채묘하여 양성 생장도를 비교하므로써, 유리배우체의 대량양식 이용 가능성을 시험하였다. 2008년 11월에 유주자 및 유리배우체를 채묘한 채묘틀을 이용하여 2009년 5월부터 10월까지 전남 완도군 약산면 시험어장에서 양성 생장도를 비교하였다. 유주자 및 유리배우체 채묘 실험구에서 감태 엽체의 엽장과 생체량 등은 유의한 차이를 보이지 않았다.

사 사

본 논문은 국립수산과학원의 연구비지원(RP-2013-AQ-194)와 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원 사업으로 수행된 연구임(2009-0093828).

REFERENCES

Athukorala Y, KN Kim and YJ Jeon. 2006. Antiproliferative and antioxidant properties of an enzymatic hydrolysate from brown alga, *Ecklonia cava*. Food Chem. Toxicol. 44:1065-1074.

Brown MT and MD Lamare. 1994. The distribution of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar within Timaru Habour, New Zealand. Jpn. J. Phycol. 42:63-70.

Edding ME and FB Tala. 2003. Development of techniques for the cultivation of *Lessonia trabeculata* Villouta et Santelices (Phaeophyceae: Laminariales) in Chile. Aqua. Res. 34:507-515.

Hong JH, BS Son, BK Kim, HY Chee, KS Song, BH Lee, HC Shin and HC Lee. 2006. Antihypertensive effect of *Ecklonia cava* extract. Korean J. Pharmacol. 37:200-205.

Hwang EK, JM Baek and CS Park. 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, JM Baek and CS Park. 2009. The mass cultivation of *Ecklonia stolonifera* Okamura as a summer feed for the abalone industry in Korea. J. Appl. Phycol. 21:585-590.

Hwang EK, YG Gong, DS Ha and CS Park. 2010a. Inducing the regeneration and maturation of free-living gametophytes of *Ecklonia stolonifera* Okamura (Laminariales, Phaeophyta). Korean J. Fish. Aquat. Sci. 43:231-238.

Hwang EK, YG Gong, DS Ha and CS Park. 2010b. Nursery and main culture conditions for mass cultivation of the brown alga, *Ecklonia cava* Kjellman. Korean J. Fish. Aquat. Sci. 43:687-692.

Hwang EK, YG Gong and CS Park. 2012. Cultivation of a hybrid of free-living gametophytes between *Undariopsis peterseniana* and *Undaria pinnatifida*: morphological aspects and cultivation period. J. Appl. Phycol. 24:401-408.

Kang LS and SJ Yoo. 1993. The acute toxity of three oils to the early life of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar. Korean J. Phycol. 8:77-82.

Lüning K. 1980. Critical levels of light and temperature regu-

lating the gametogenesis of three *Laminaria* species (Phaeophyceae). J. Phycol. 16:1-5.

Park CS, KY Park, JM Baek and EK Hwang. 2008. The occurrence of pinhole disease in relation to developmental stage in cultivated *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Phaeophyta) in Kroea. J. Appl. Phycol. 20:485-490.

Westermeier R, D Patino, MI Piel, I Maier and DG Mueller. 2006. A new approach to kelp mariculture in Chile: production of free-floating sporophyte seedlings from gametophyte cultures of *Lessonia trabeculata* and *Macrocystis pyrifera*. Aqua. Res. 37:164-171.

Wi MY, EH Hwang, SC Kim, MS Hwang, JM Baek and CS Park. 2008. Regeneration and maturation induction for the free-living gametophytes of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta). J. Kor. Fish. Soc. 41:381-388.

Received: 18 October 2013
Revised: 14 November 2013
Revision accepted: 15 November 2013