

동해안 개다시마 *Kjellmaniella crassifolia* Miyabe (Phaeophyta)의 초기배양과 성장특성 연구

김영대* · 송홍인¹ · 김진희 · 홍정표² · 전창영³ · 한형균⁴ · 김수경
김동삼 · 김명래 · 진형주⁵

국립수산과학원 동해수산연구소, ¹국립수산과학원 서해수산연구소, ²국립수산과학원 바다목장화사업단, ³국립수산과학원 남해수산연구소, ⁴국립수산과학원 중부내수면연구소, ⁵강릉대학교 해양생명공학부

Study of the Early Life of *Kjellmaniella crassifolia* and Its Growth in the Eastern Coast of the Korean Peninsula

Young-Dae KIM*, Hong-In SONG¹, Jin-Hee KIM, Jung-Pyo HONG²,
Chang-Yeong JEON³, Hyoung-Kyun HAN⁴, Su-Kyoung KIM,
Dong-Sam KIM, Myoung-Rae KIM, Hyung-Joo JIN⁵

East Sea Regional Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangwon 210-860, Korea

¹West Sea Regional Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-420, Korea

²Marine Ranching Development and Management Center, NFRDI, Busan 619-902, Korea

³South Sea Regional Fisheries Research Institute, NFRDI, Jeonnam 556-823, Korea

⁴Central Inland Fisheries Research Institute, NFRDI, Gyeonggi 477-815, Korea

⁵Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

Kjellmaniella crassifolia Miyabe is one of the valuable seaweed crops cultured in the Korean coastal waters of the East Sea. Unfortunately recent environmental changes have adversely influenced its growth, prompting the need to develop techniques for species restoration. To obtain biological information, the growth of the species was monitored for one year. The maximum blade length, 110±45 cm, was attained in July, and zoospores were released in November. The optimum culture conditions allowing juvenile sporophytes to grow to young blades consisted of 20 μmol/m²/s at 10°C under which the blade length grew to 1,732.5±143.3 μm in 42 days. Sporangial sori started to form in September, reaching 85% maturity in November and 89% maturity in December. Examining the growth of the species according to depth, the individuals growing at 5 meters grew the most, reaching a blade length of 75.9±18.9 cm in August.

Key words: Cultivation, Gametophytes, Maturation, *Kjellmaniella crassifolia*, Seed production

서 론

우리나라에 서식하고 있는 다시마과의 다시마류는 3종으로 애기다시마 (*Laminaria religiosa* Miyabe), 다시마 (*Laminaria japonica* Areschoug), 개다시마 (*Kjellmaniella crassifolia* Miyabe)가 있으며 (Lee and Oh, 1986; Lee and Kang, 1986), 이 중 다시마와 애기다시마는 일본에서 이식되어져 국내에 적응하였다 (Chang and Sohn, 1993). 80년대 다시마과의 다시마는 경북 울진 이북까지 분포하였으나 (Nam et al., 1985; Sohn et al., 2007), 현재는 서식지가 점차 북상하여 강원도 삼척 일부 해역부터 강원도 고성군까지 분포하여 (NFRDI report, 2005; 2006), 서식지가 점차 줄어드는 것으로 나타났다. 그러나 생장이 빠른 다시마류는 식용과 어류의 서식처, 전복 등 수산동물의 먹이 및 해중립 조성에 중요한 역할을 하고 있다 (Chang and Son, 1993).

동해안 해조상에 대한 다수의 연구 결과 (Boo, 1985; 1987; Boo and Lee, 1986; Chung et al., 1991; Kim and Lee, 1981;

Kim et al., 1997; Koh et al., 1989; Lee and Oh, 1986; Lee and Lee, 1988; Lee et al., 1993; Lee and Kang, 1986; Lee et al., 1997; Nam, 1986; Shon, 1987)가 있으나 이들 연구는 조건대에서 수심 15 m 이내로 한정되어 있어 개다시마 서식 수심인 20-30 m의 해조상에 관한 연구는 없는 실정이다.

다시마과의 개다시마는 강원북부 해역의 수심 20-30 m의 조하대에만 서식하는 종으로 90년대까지 연간 1,000톤의 생산이 되었고, 푸코이단, 알긴산 등이 풍부하여 건강식품으로 산업화가 형성되었고 강원도에서는 토종다시마라고 불리며 지역 대표 수산물로 육성중에 있었으나 (NFRDI report, 2005; 2006), 2002년 강력한 태풍 루사, 2003년 매미 및 2006년 너울성 폭풍우로 개다시마의 서식처가 막대한 양의 토사가 유입되어 서식지가 대부분 파괴되었으며 이 후 자원량이 급격히 감소되어 멸종위기에 처해 있다. 최근 조사에서 개다시마 서식지의 해조상은 야키시리구멍쇠미역 (*Agarum clathratum* Dumortier)이 피도 80-100%로 우점종이고 참곱슬이, 미끈뽀대그물말, 주름뽀대그물말이 피도 20-30% 서식하고 있어 (NFRDI report, 2005; 2006), 개다시마의 자연발생 및 생장이

*Corresponding author: ydkim@momaf.go.kr

30 m에서 실시하였으며, 월별로 엽장 및 엽폭을 측정하였다. 이식시기의 개다시마의 엽장은 22.62 ± 8.14 cm, 엽폭은 18.36 ± 3.54 cm였다. 수하연은 멍게 양식에 사용되는 천줄(지름 18 mm)에 종사를 이중으로 감아 길이는 5 m 길이로 제작하고 아래 부분에 2 kg의 추를 달아 무게 중심이 아래로 향하도록 하였으며 고압부자(240 mm) 사용하여 수심을 조절하였다.

결 과

서식 분포도 조사

2004년 9월에는 녹조류 1종, 갈조류 8종, 홍조류 5종, 현화식물 1종으로 총 15종이 출현하였으며, 10월에는 녹조류 1종, 갈조류 6종, 홍조류 5종으로 총 12종이 출현하였다. 11월에는 녹조류 1종, 갈조류 5종, 홍조류 2종, 현화식물 1종으로 총 9종이 출현하였으며, 12월에는 녹조류 1종, 갈조류 3종, 홍조류 3종으로 총 7종이 동정되었다. 2005년 1월에는 갈조류 3종, 홍조류 3종으로 총 6종이 출현하였으며, 3월에는 갈조류 4종, 홍조류 6종으로 총 10종이 관찰되었다. 5월에는 녹조류 1종, 갈조류 9종, 홍조류 7종으로 총 17종이 동정되어 연구기간 중 해조류 출현종 수가 최대였다. 7월에는 녹조류 1종, 갈조류 5종, 홍조류 5종으로 총 11종이 나타났으며, 8월에는 갈조류 6종, 홍조류 5종으로 총 11종이 나타났다. 연구기간 동안 야키 시리구멍쇠미역이 우점종으로 기록되었다(Table 1).

개다시마의 성장

개다시마의 월별 생장은 9월에 엽장, 엽폭, 중량이 각각 65 ± 23 cm, 22 ± 3.3 cm, 65 ± 8 g이었고, 10월에 각각 75 ± 35 cm, 23 ± 5 cm, 70 ± 5 g으로 나타났다. 성숙 절정기인 11월에는 각각 61 ± 21 cm, 25 ± 4.5 cm, 55 ± 4.5 g, 12월에 각각 54 ± 26 cm, 24 ± 3.3 cm, 40 ± 6.9 g으로 유주자 방출로 인한 엽장은 현저히 줄어들고 엽폭은 조금씩 증가하였으며 중량도 끝맺음 현상으로 줄어드는 현상을 보였다. 3월부터 엽장이 성장하기 시작하였는데, 이 때 엽장과 엽폭 및 중량이 각각 65 ± 32 cm, 12 ± 2.5 cm, 55 ± 5.9 g이었고, 5월에 각각 87 ± 32 cm, 15 ± 5 cm, 70 ± 8.7 g으로 엽장이 성장하는 모습을 보였고, 7월에 각각 110 ± 45 cm, 18 ± 5.4 cm, 85 ± 11 g이었고 8월에 각각 87 ± 41 cm, 21 ± 6 cm, 62 ± 6.4 g으로 생장이 지속적으로 이루어지고 있었다(Fig. 1, 2, 3).

엽장/엽폭비는 성숙시기와 성장기간 동안 각각 다르게 나타났다. 자낭반이 형성되는 성숙시기에는 비율이 줄어들어 2.8-2.9비율을 보였으나 1월 이후 3.1로 엽장이 상대적으로 엽폭보다 생장이 빠르게 진행되었고, 3월부터는 4.1로 증가하였고, 8월까지 4.4가 되었다(Fig 4).

다시마의 성숙

개다시마 개체의 자낭반 형성 유무에 의해 성숙을 확인한 결과, 9월에 최초로 자낭반을 가진 개체가 발견되었으며, 이 때 성숙 비율은 10%였다. 10월에는 성숙 개체의 비율이 40%로 증가하였고, 11월에는 85%, 12월 89%로 증가하다가, 1월에

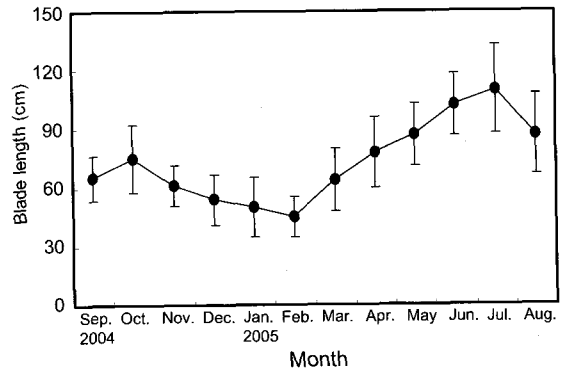


Fig. 1. Mean blade length (\pm SD) of *K. crassifolia* at Sagunjin.

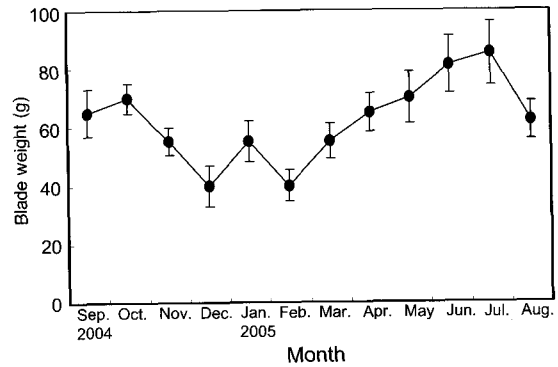


Fig. 2. Mean blade weight (\pm SD) of *K. crassifolia* at Sagunjin.

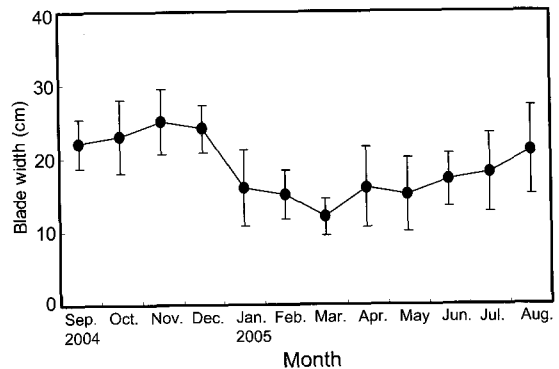


Fig. 3. Mean blade width (\pm SD) of *K. crassifolia* at Sagunjin.

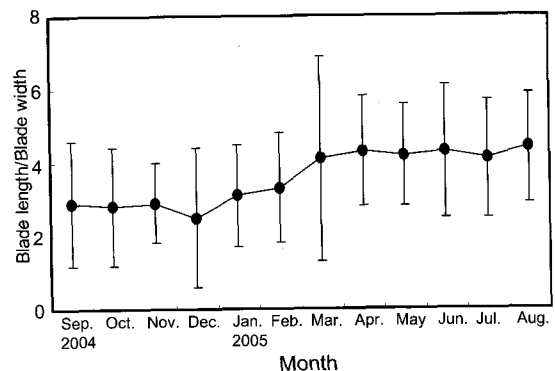


Fig. 4. Monthly variations (mean \pm SD) of the ratio (length/width) of *K. crassifolia* at Sagunjin.

20%로 현저한 감소를 보임으로써 개다시마의 최대 성숙시기는 11-12월로 나타났다 (Fig. 5).

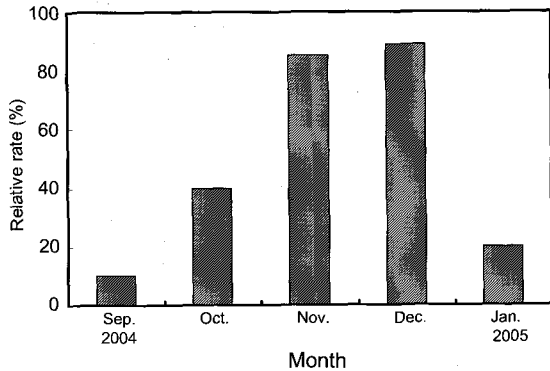


Fig. 5. Sporangial sori variation of sexually differentiated thalli of *K. crassifolia*.

자낭반 형성 면적

동해안 에기다시마의 자낭반 형성 면적은 10월에 엽체 중량의 약 23%에 걸쳐 형성되었으나 개다시마의 경우 약 5%에 불과하여 생식 능력이 매우 떨어지는 경향을 보였다. 이러한 특성을 감한할 때 서식지가 한번 파괴되면 자연 스스로 회복하기엔 오랜 시간이 필요하고 많은 변수가 생긴다. 따라서 서식지 복원을 위해서는 우량모조의 확보가 절실하나 자연에서는 자원량이 부족하므로 우량모조의 생산이 절실하다 (Fig. 6).

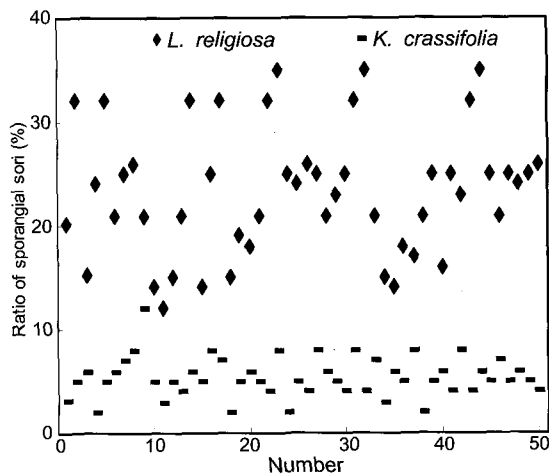


Fig. 6. Ratio of Sporangial sori in *L. religiosa* and *K. crassifolia*.

실내배양

유주자 발아율은 수온 15°C, 광량 40 μmol/m²/s에서 80.0%로 최대였으며, 20°C, 80 μmol/m²/s에서는 10.0%로 최저였다. 수온이 상대적으로 낮은 5°C와 10°C에서는 고풍량에서 발아율이 높게 나타났고, 수온이 상대적으로 높은 15°C와 20°C에서는 저광량에서 높은 발아율을 보였으며, 수온 25°C에서는 발

아하지 않았다 (Fig. 7). 개다시마의 배우체 성장율은 배양 20일까지 5°C에서는 60 μmol/m²/s에서 95.6±8.04 μm으로 생장이 양호하였고, 10°C에서는 80 μmol/m²/s에서 286.0±35.20 μm으로 모든 구간 중 가장 좋은 성장을 보였다. 15°C에서는 60 μmol/m²/s에서 277.0±113.60 μm으로 성장하였고, 20°C에서는 40 μmol/m²/s에서 68.8±36.64 μm으로 생장이 좋았으며, 25°C에서는 배양 5일까지 발아되지 않고 모든 개체가 사멸하였다 (Fig. 8). 아포체의 생장은 배양 42일까지 5°C에서 광량에 상관없이 평균 1339.8±77.25 μm으로 유사한 성장을 보였으나 10°C에서는 광량간 성장 차이를 보여 저광량인 20 μmol/m²/s에서 1732.5±143.25 μm으로 모든 구간 중 가장 좋은 성장을 나타냈다. 15°C에서는 20 μmol/m²/s에서 1723.3±151.37 μm으로 좋은 성장을 보였고, 20°C에서는 배양 25일부터 개체가 사멸하기 시작하여 배양 30일에는 모든 개체가 사멸하였다 (Fig. 9, 10).

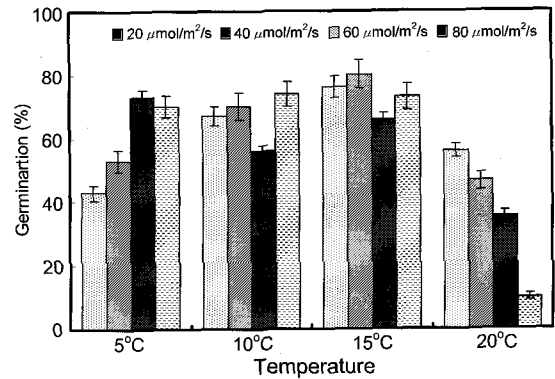


Fig. 7. Germination rate of zoospore under different temperature and irradiance.

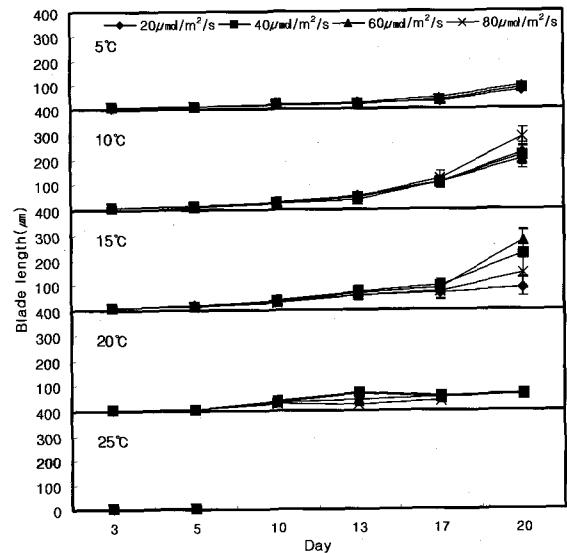


Fig. 8. Growth of female gametophytes in *K. crassifolia* under different temperature and irradiance.

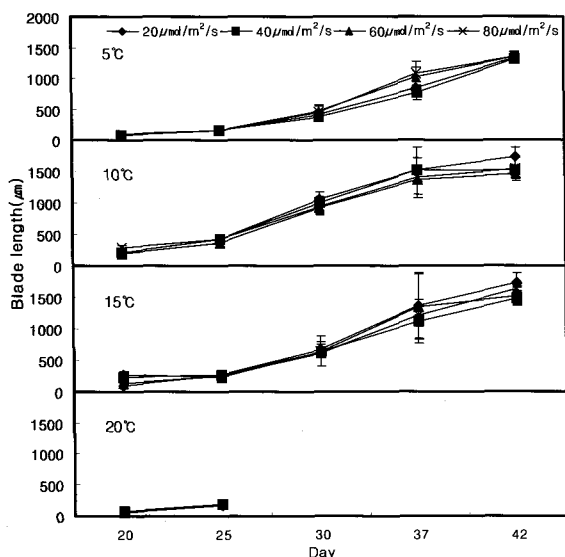


Fig. 9. Growth of sporophytes in *K. crassifolia* under different temperature and irradiance.

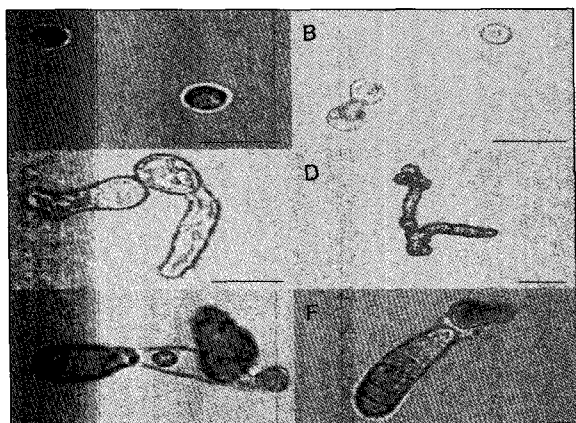


Fig. 10. Life history of *K. crassifolia* (A, zoospore; B-C, germination of embryospore; D, female gametophyte; E, juvenile sporophytes; F, sporophytes; Scale bar, 20 μm).

양 식

2005년 10월과 12월에 수심 30 m에서 각각 25.1±9.2 cm와 31.5±13.1 cm의 엽장 성장을 보였고, 수심 5 m에서 20.5±7.8 cm와 19.5±13.5 cm로 가장 적은 엽장 성장을 나타내었다. 2006년 2월과 4월, 6월까지의 수심 20 m에서 각각 50.3±12.2 cm와 59.1±15.3 cm, 62.3±16.9 cm로 엽장 성장을 나타냈고, 2006년 2월과 4월에는 수심 5 m에서 각각 36.7±9.8 cm와 40.5±12.9 cm, 6월에는 수심 10 m에서 55.9±20.5 cm, 8월에는 수심 5 m에서 75.9±18.9 cm로 가장 빠른 성장을 나타냈으며, 수심 30 m에서 60.5±16.3 cm로 가장 적어 초기와 다른 형태의 성장을 보였다. 수심 5 m에서 2005년 10월에는 최소치 성장하여 각 조건별 시험에서 가장 작은 엽장을 보였으나 2006년 8월에 최대치 성장하여 가장 빠른 성장을 보였고, 수심 30

m에서는 2005년 10월에 가장 큰 엽장을 나타냈으나 2006년 8월에 가장 작은 엽장을 보여 가장 느린 성장을 했다. 개다시마 2년생의 양식은 수심 5 m가 성장에는 가장 적합한 것으로 나타났 (Fig. 11).

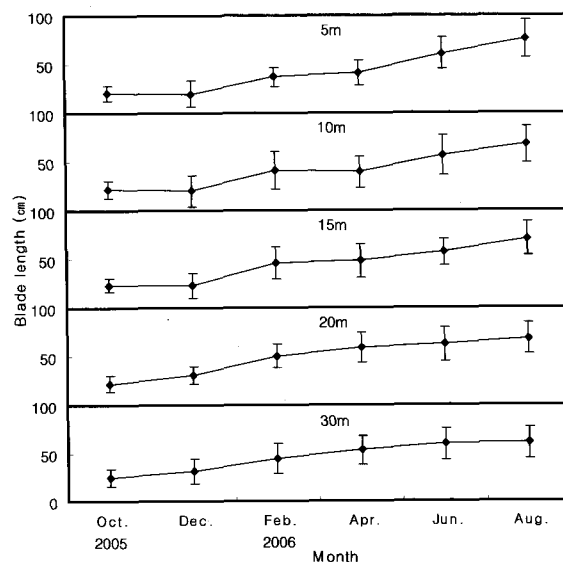


Fig. 11. Studies on different depth of culture. Monthly variation in blade length with standard deviation.

엽폭은 수심 30 m에서 2005년 10월 6.2±3.9 cm였던 개체들이 2006년 8월 27.1±8.3 cm로 20.9 cm의 성장을 보여 기간 중 가장 큰 성장을 보였으며, 수심 5 m에서 2005년 10월 5.2±3.4 cm였던 개체들이 2006년 8월 16.5±3.7 cm로 11.3 cm의 성장을 보여 기간 중 가장 느리게 성장하였다 (Fig. 12). 개다시마는 2005년 10월에서 2006년 8월까지 수심 5 m에서 엽폭은 크지 않고, 엽장만 성장하는 형태를 보였으며, 수심 30 m에서는 상대적으로 엽장보다 엽폭이 많이 성장하였다 (Fig 13).

일간 성장

개다시마의 일간 엽장의 성장은 수심 5 m의 경우 2005년 12월에서 2006년 2월까지 0.62 cm로 좋은 성장율을 나타내었으며, 2월에서 4월간에는 -0.36 cm 감소하였다. 수심 10 m의 경우 2005년 12월에서 2006년 2월까지 0.76 cm의 성장율을 나타내었으며, 2월에서 4월까지 -0.76 cm 감소하여 수심 5 m와 비슷한 성장을 나타내었다. 수심 15 m의 경우 2005년 12월에서 2006년 2월까지 0.83 cm로 좋은 성장율을 나타내었으며, 2월에서 4월까지 -0.72 cm 감소한 후 8월달까지 다시 성장율이 증가하였다. 수심 20 m의 경우 2005년 10월에서 2006년 2월까지 0.39 cm로 좋은 성장율을 나타내었으며, 2월에서 6월까지 -0.56 cm의 감소를 보인 후 다시 증가하였다. 수심 30 m의 경우 2005년 10월에서 2006년 2월까지 0.42 cm로 좋은 성장율을 나타내었으며, 2월에서 8월까지 -0.38 cm 감소하였다 (Fig.

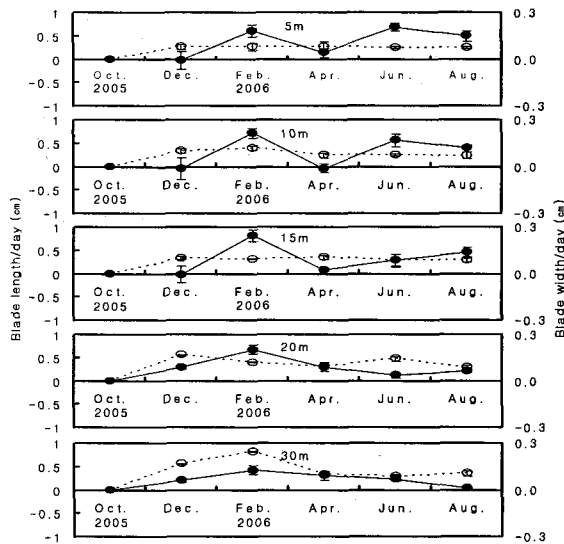


Fig. 12. Increase of blade length (●) and width (○) per day.

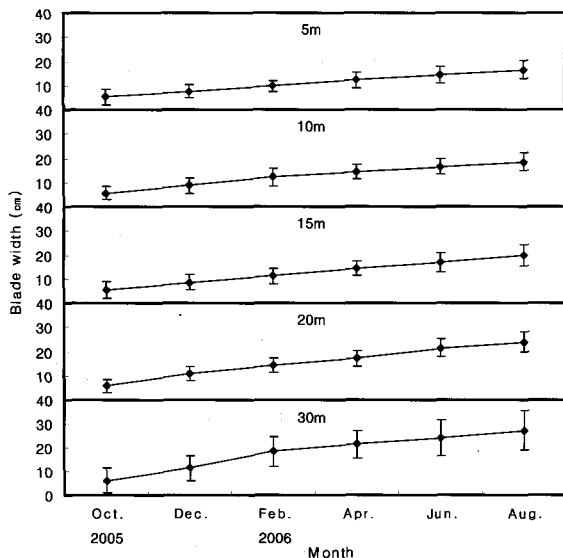


Fig. 13. Studies on different depth of culture. Monthly variation in blade width with standard deviation.

14).

수심 5 m에서 2005년 10월에서 2006년 8월까지 양식한 개다시마의 엽폭 성장률은 평균 0.07 cm로 나타났으며, 수심 10 m에서는 2005년 10월에서 2006년 2월까지 0.12 cm의 성장율을 보이다가 2월부터 감소하기 시작하여 2006년 8월까지 평균 0.07 cm의 성장율을 보였다. 수심 15 m의 경우 2005년 10월에서 2005년 8월까지 평균 0.09 cm의 성장율을 보였다. 수심 20 m의 경우 2005년 10월에서 12월까지 좋은 성장율을 보이다가 2005년 12월에서 2006년 4월까지 끝녹음이 발생하여 -0.05 cm 감소하였다. 4월부터 6월까지 0.05 cm로 다시 증가한 후 감소하는 경향을 나타내었다. 수심 30 m의 경우 2005

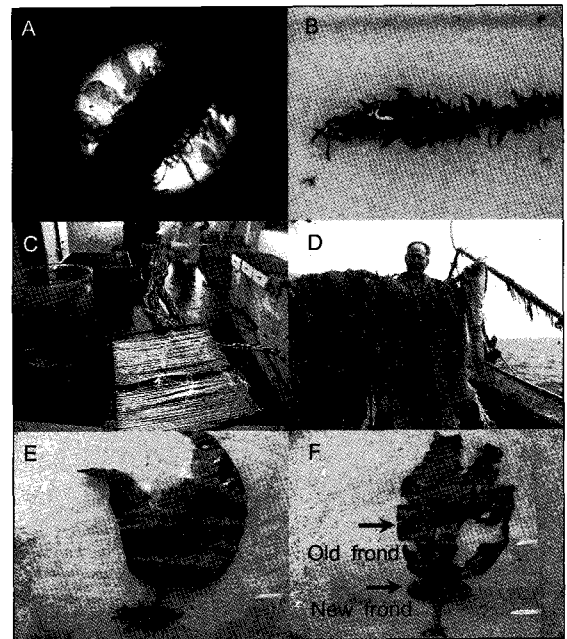


Fig. 14. Life history of *K. crassifolia* (A, young blade; B, seedling; C, young fronds growing on the culture rope; D, one year frond; E, perennial frond; Scale bar, 20 μm).

년 10월에서 2006년 2월까지 0.24 cm의 성장율을 보이다가 2월부터 감소하기 시작하여 8월에는 0.08 cm의 성장율을 나타내었다 (Fig. 14).

고찰

동해안의 개다시마는 1990년대 중반까지만 해도 동해안 최대 군락지인 강릉시 사근진 해역은 약 50 ha의 서식 면적에 10 m²당 약 500개체가 대규모의 서식지가 형성되어 있었으나, 현재는 10 m²당 2-5개체가 서식하고 있을 뿐만 아니라 서식 면적도 2 ha로 현저히 축소되었으며, 개다시마 생태조사 결과, 과거 서식했던 해역으로 알려진 고성군 대진 및 초도 해역에서는 발견하지 못하였고, 아야진, 문암 해역은 0.1-1개체/10 m² 밀도로 거의 멸종한 것으로 나타났다 (NFRDI, 2005; 2006). 이러한 원인은 동해안에 강력한 태풍에 따른 많은 량의 토사 유입 등으로 서식지가 파괴되었고, 애기다시마 등 다시마류에 비해 자낭반 형성 면적과 유주자 운동성, 방출량에서 현저히 떨어지기 때문에 급격한 환경변동은 군집 유지에 많은 어려움이 있을 것으로 생각된다. 또한 개다시마의 가치가 알려지면서 건강식품 등의 산업화가 형성되었고 수요에 따른 채취가 무분별하게 이루어져 현재의 급격한 군집 및 개체 감소의 원인으로 생각된다. 강릉 지역에서는 개다시마를 토종다시마라고 불리며 건강식품으로 판매가 되고 있고 수요량이 점차 늘어난 추세로 이러한 수요 급증은 다른 다시마류에 비해 알긴산, 푸코이단 등 유용성분이 약 2개 정도 많은 것으로 알려져 있고 동해에만 서식하며 깊은 수심의 청청 이미지가 부각된 것으로 판단된다. 또한, 강릉시 사근진 해역의 개다시

마가 우점종으로 서식하던 수심 20-30 m는 야키시리구명쇠머리가 피도 80-100%로 천이가 일어나 개다시마의 유주가 착생 및 발생이 어려워 자연적으로 서식지 복원이 어렵게 되었다. 이러한 해역에는 인위적 서식지복원 연구가 절실한 실정이다.

일본의 개다시마는 북해도 하코다테, 무로랑에 주로 서식하고 있으며 서식 수심도 10 m 전후로 다시마와 혼생하고 있는 점과 하절기인 8, 9월에는 개체가 발견되는 않았고 (Yamamoto, 1986), 우리나라 동해안의 서식 특성인 수심 20-30m에 서식하고 다시마가 이 수심에는 거의 서식하지 않는다는 점과 하절기에 개체수가 발견되고 있다는 점에서 많은 차이점을 보이고 있다. 이러한 차이는 수심과 관련이 깊은 것으로 사료되는데, Yamamoto (1986)의 연구에 따르면 일본 개다시마 서식지의 하절기에는 수온이 20-23℃로 나타났으나 강릉시 사근진의 수심 20-30 m의 하절기 수온은 15℃ 내외로 많은 차이를 보이고 있다. 개다시마는 4-6년도 성장하는 다년생해조류로 성장점은 뿌리에서 줄기로 이어지는 윗부분에 형성되어 있다. 본 연구에서는 끝녹음이 하절기에 시작되어 본격적인 끝녹음은 10월에서 12월까지로 나타났다. 서식지의 자연 개체에서는 끝녹음이 되었다가 성장점에서 새로운 엽체가 발생하는 것을 볼 수가 있다.

개다시마 배우체의 직적 환경에 대한 조건은 연구자마다 조금씩 상이하였다. Kim (2005)은 배우체의 적합한 환경은 20℃, 40-60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, 아포체의 경우 10℃, 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 이 가장 적합하다고 하였다. 조직배양에서는 10℃, $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 이였으나 (Notoya and Kim, 1996) 본 연구에서는 초기배우체는 10℃, 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, 아포체는 10℃, 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 성장에 가장 적합한 것으로 나타나 배우체 단계에서는 성장에 적합한 수온이 10℃ 차이를 보였으나 아포체 단계에서 수온은 같으나 조도에서 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는 배양에 사용한 배지가 Kim (2005)의 연구에서는 PES이나 본 연구에서는 PESI로 갈조류 배양에서는 요오드성분이 성장에 효과적으로 알려져 다른 결과를 보여진 것으로 생각된다.

다시마 (*L. japonica*)의 엽장은 강원도 장호리 6월에 평균 181.8 cm로 최대의 성장을 보였고 (Baik and Pyen, 1973), 애기 다시마 (*L. religiosa*)는 강원도 문암 해역에서 7월에 평균 150 cm로 나타났다 (Nam et al., 1985). 반면에 개다시마는 8월에 평균 75.9±18.9 cm가 최대 성장하여 다른 다시마류와 많은 차이를 보이고 있다. 초기 양성시 수심 30 m 가장 빠른 성장을 보였으나 수심 5 m에서 각 조건별 시험에서 최대치 성장을 보여 가장 빠른 성장을 보였고, 수심 30 m에 최소치 성장을 하여 가장 느린 성장을 했다. 개다시마 3년생의 양성은 수심 5 m가 성장에는 가장 적합한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 현재 개다시마의 서식 수심인 20-30 m 의 저수온과 저조도 환경인점에서 고려한다면 의외의 결과이다. 그러나 수심 5 m에서는 다른 다시마류인 경우 하절기에 끝녹음 현상이 가장 빠르게 나타나는 수심이다.

엽폭은 수심 30 m에서 2005년 10월 23.1±5.4 cm였던 개체

들이 2006년 8월 27.1±8.3 cm로 4.0 cm의 성장을 보여 기간 중 가장 큰 성장을 보였으며, 수심 5 m에서 2005년 10월 15.5±3.4 cm였던 개체들이 2006년 8월 16.5±3.7 cm로 1.0 cm의 성장을 보여 양성 기간동안 가장 느리게 성장하였다. 개다시마는 2005년 10월에서 2006년 8월까지 수심 5 m에서 엽폭은 거의 성장하지 않고 엽장만 성장하는 형태를 보였으며, 수심 30 m에서는 상대적으로 엽장보다 엽폭이 많이 성장하였다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 동해수산연구소의 주요과제인 “동해안 토종다시마 (*Kjellmaniella crassifolia*) 복원 및 양식 산업화 연구, RP-2007-RE-005” 결과의 일부입니다.

참 고 문 헌

- Baik, K.K. and C.K. Pyen. 1973. Study on growth of *Laminaria japonica* ARESTCH in the coastal area of Kangwondo. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 11; 79-92.
- Boo, S.M. 1985. Vertical distribution patterns of the intertidal algal community on a Kangreung rocky shore, east coast of Korea. Proc. Nat. Sci. Res. Inst. KANU, 1, 46-53.
- Boo, S.M. 1987. Distribution of marine algae from shore of Kangwon province. Kor. J. Phycol., 2, 223-235.
- Boo, S.M. and I.K. Lee. 1986. Studies on benthic algal community in the east coast of Korea 1. Floristic composition and periodicity of a Sokcho rocky shore. Kor. J. Phycol., 1, 107-116.
- Chang, J.W. and Y.S. Son. 1993. Studies on the Morphological Characteristics of *Laminaria japonica* Areschoug and *Laminaria religiosa* Miyabe in the coast of Kangwon-Do of Korea. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency., 48, 167-177.
- Chung H., H.J. Lee and I.K. Lee. 1991. Vertical distribution of marine algae on a Gallam rocky shore of the mid-east coast of Korea. Kor. J. Phycol., 6, 55-67.
- Kim, C.H. and J.H. Lee. 1981. Intertidal marine algal community and species composition of Wolseong area, east coast of Korea. Kor. J. Bot., 24, 145-158.
- Kim H.G., J.G. Park and D.S. Kim. 2005. Comparative laboratory culture studies of the native kelp *Kjellmaniella crassifolia* and the introduced kelp *Laminaria japonica* in east coast of Korea. J. Aquacult., 18, 299-304.
- Kim, Y.H., K.W. Nam and C.H. Sohn. 1997. Intertidal benthic marine algae at Chumunjin on the east coast of Korea: Flora, distribution and community structure. Algae, 12, 117-130.

- Koh, C.H., S.H. Oh, N. Sung, I. Ahn and Y.C. Kang. 1989. Algal zonation and seasonality in subtidal area of a wave-exposed coast at Oori, East Coast of Korea. *Kor. J. Phycol.*, 4, 171-182.
- Lee, H.B. and Y.S. Oh. 1986. A summer algal vegetation in Youngil Bay, eastern coast of Korea. *Algae*, 1, 225-240.
- Lee, J.W. and H.B. Lee. 1988. A floristic study on marine benthic algae of Yongil Bay and adjacent areas, eastern coast of Korea. *Algae*, 3, 165-182.
- Lee, J.W., H.B. Lee and I.K. Lee. 1993. A study on the community structure of intertidal marine benthic algae in the east coast of Korea I. An intertidal marine benthic algal community at Sokcho. *Kor. J. Phycol.*, 8, 67-75.
- Lee, I.K. and J.W. Kang. 1986. A check list of marine algae in Korea. *Kor. J. Phycol.*, 1, 311-325.
- Lee, S.Y., J.W. Lee and H.B. Lee. 1997. Marine benthic algal flora of Yongil Bay and its adjacent areas, the eastern coast of Korea. *Algae*, 12, 303-311.
- Nam, K.W. 1986. On the marine benthic algal community of chukdo in eastern coast of Korea. *Kor. J. Phycol.*, 1, 185-202.
- Nam, K.W., C.S. Lee, S.D. Lee, J.W. chang and Y.C. Kim. 1985. Ecological studies on *Laminaria religiosa* Miyabe of the coast in Kangwon province of Korea. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 36, 89-103.
- NFRDI. 2005. A study on construction of seaweed forest in the East Sea. Final Report on Fisheries Life Sciences and Aquaculture Sciences, 5-50.
- NFRDI. 2006. A study on construction of seaweed forest in the East Sea. Final Report on Fisheries Life Sciences and Aquaculture Sciences, 521-696.
- Notoya, M. and H.G. Kim. 1996. Influence of light intensity and temperature on callus cell propagation and differentiation to bladelets from the explants of young sporophyte of *Kjellmaniella crassifolia* Miyabe (Phaeophyta, Laminariales). *Algae*, 11, 179-182.
- Park, E.J. 2001. The effect of light and temperature on the growth and maturation of gametophytes in three Laminarian species from Korea. Master Thesis, Pukyong National University, Korea, 1-50.
- Provasoli, L. 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae. In: *Cultures and Collections of Algae*. Watanabe, A. and A. Hattori, eds., *Jap. Soc. Plant Physiol.*, 63-75.
- Shon, C.H. 1987. Phytogeographical characterization and quantitation analysis of algae communities in Korea. Ph. D. Thesis. Cheju National University, 1-111.
- Sohn, C.H., C.G. Choi and H.G. Kim. 2007. Algal communities and useful seaweed distribution at Gangnung and its vicinity in East Coast of Korea. *Algae*, 22, 45-52.
- Yamamoto, H. 1986. Monthly changes in the occurrence and growth of *Kjellmaniella crassifolia* Miyabe. *Proc. Hokkaido Univ.* 37, 165-170.

2007년 9월 3일 접수
2007년 10월 15일 수리