



동해안 토속종 개다시마(*Kjellmaniella crassifolia*)와 이식종 다시마(*Laminaria japonica*)의 실내배양 연구

김형근, 박중구, 김동삼
강릉대학교 해양생명공학부

Comparative Laboratory Culture Studies of the Native Kelp *Kjellmaniella crassifolia* and the Introduced Kelp *Laminaria japonica* in East Coast of Korea

Hyung Geun Kim, Joong Goo Park and Dong Sam Kim

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

Laboratory culture of the native kelp *Kjellmaniella crassifolia* and the introduced species *Laminaria japonica* in east coast of Korea were compared at each stage of their life cycles. In the zoospore stage, *L. japonica* grows optimally at a water temperature of 15~20°C achieving 95% spore release in 24 hours, whereas *K. crassifolia* requires 48 hours to achieve 90% spore release in these conditions. Good growth of gametophytes occurred at 10°C and 15°C in both species. *L. japonica* grows optimally under high light intensity (80~120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) while *K. crassifolia* grows best under low light intensity (40~60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Growth of juvenile sporophytes of *L. japonica* was good in various water temperatures (10~20°C) and light levels (40~120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) while *K. crassifolia* grew to optimal blade length only under specific conditions (10, 40 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). While the optimal culture conditions for *K. crassifolia* were more constrained than those of *L. japonica* which tolerated a wide range of water temperatures and light intensities, the laboratory culture conditions for both of these species reflect the natural environment in which these species are found.

Keywords: Laboratory culture, *Kjellmaniella crassifolia*, *Laminaria japonica*, kelp, East coast of Korea

서 론

다시마 식물은 조하대에 숲을 이루어 바다 생물의 서식처로서 중요하다. 그뿐 아니라 식용으로서 가치가 매우 크다. 개다시마(*Kjellmaniella crasifolia*) 종류는 한류의 영향을 받는 강원 연안에 분포하는 토속종으로 강릉 사근진, 고성 아야진 등의 깊은 바다에 분포하고 있다(Kim, 2003). 다시마(*Laminaria*) 속은 원산만 이북 해역에 분포하는 것으로 알려졌으나(Kang, 1966) 1960년대 말 일본 홋카이도에서 종묘가 이식되어 먼저 동해남부 울산해역에서 양식생산이 이루어졌고 주로 애기다시마(*L. religiosa*) 종은 점차 우리나라 연안에 보편적으로 자생하게 되었다(Nam et al., 1985; Lee, 1992; Sohn, 1998; Lee et al., 2005). 다시마(*L. japonica*) 종류는 울산(Chang et al, 1973; Bae et al., 1977)과 강원연안(Baik and Pyen, 1973; Bae et al., 1977)에서 다시마 양식이 이루어졌고 이후 점차 동해안 조하대에 해조숲

을 이루게 된 것으로 보고 있다(Chang and Son, 1993; Gong, 1993; Kang, 1999; Kim et al., 1999).

다시마(*Laminaria*)속은 우리나라 연안에서 분포역을 넓혀가고 있는데 비해 개다시마(*Kjellmaniella*) 속의 강릉연안 개채군은 2002년 가을 이후 현존량이 현저히 감소되었다(Kim, 2003). 이 식물에 대한 연구는 홋카이도 연안에서 개다시마의 출현수와 생장량의 월별 변동(Yamamoto, 1986), 개다시마 조직의 분화와 캘루스의 온도, 조도의 영향(Notoya and Kim, 1996)과 유전분석에 의한 계통연구(Yoon and Boo, 1999)가 이루어졌다. 최근 Ozaki 등(2001)은 개다시마는 다시마에 비해 영양염 흡수율이 높아 깊은 곳 환경인 낮은 조도와 수온에서의 적응성을 밝힌 바 있다. 개다시마 식물은 한류성 종이며 특정한 해역에 분포하여 이 종에 대한 연구는 매우 미흡하다. 1990년대 들어서면서 강원연안에서 토속종인 개다시마가 수확되어 상품화되면서 그 수요가 늘어나고 있으나 자원량이 감소되는 실정으로 대량생산을 위한 연구가 매우 필요하게 되었다.

이 연구에서는 동해안 강릉 경포연안에서 토속종인 개다시마

*Corresponding author: kimhg@kangnung.ac.kr

와 이식종인 다시마의 엽체에서 유주자 방출, 배우체의 형성, 아포체의 성장에 대한 온도 및 조도에 대한 배양조건을 분석하였다. 이를 생태서식 환경과 비교함으로써 강릉연안의 다시마 식물에 대한 생리·생태적 특성을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

조사지역의 해양환경

다시마 식물의 채집과 해양환경 조사는 강원도 강릉 경포연안에서 이루어졌다. 개다시마(*Kjellmaniella crassifolia* Miyabe) 종이 서식하는 곳은 연안에서 1.5 km 떨어진 바다 수심 20 m 부근으로 저질은 사질과 암반이 대부분으로 암반이 형성된 곳에는 다시마 군락이 번무하고 있으며 해저경사는 비교적 완만하다. 다시마(*Laminaria japonica* Areschoug) 종은 암반이 잘 형성된 십리바위 주변 수심 5~10 m에 번무하고 있다. 조사지역의 해양환경은 2002년 5월과 9월에 수심별로 다시마 군락지에서 YSI로 측정하였다.

조사방법

실내배양을 위한 모조의 채집은 개다시마(*Kjellmaniella crassifolia* Miyabe) 종의 채집은 2001년 10월에 수심 20 m에서, 다시마(*Laminaria japonica* Areschoug) 종은 2000년 11월에 수심 10 m에서 채집하였다.

채집한 모조는 여과해수로 모조의 표면에 붙은 이 물질을 제거한 후 실험실로 옮겨와서 자낭반이 형성된 부위를 멸균해수로 잘 씻은 후 20 cm 크기로 절취하여 알코올로 표면을 닦아주었다. 알코올로 처리 후 멸균해수로 절취된 엽체에서 알긴산이 없어질 때까지 세척한 후, 15°C로 유지되는 어두운 곳에서 약 8시간 음건처리하였다. 음건한 엽체는 멸균해수를 담은 비이커에 넣은 후 약 30분간 유주자 방출을 유도하였으며, 이렇게 얻은 유주자액은 15 mm×15 mm의 커버글라스를 부착기질로 하여 포자를 착생시켰다. 착생된 포자는 PES 배양액이 담긴 패트리 디쉬(Ø 60 mm×15 mm)에 넣어 동일한 12:12h (L:D) 광주기에서 온도 5, 10, 15, 20, 25°C, 조도 40, 80, 120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 15개 실험구를 정지 배양하여 포자의 발아와 배우체의 성장 및 성숙을 관찰하였다. 아포체의 성장은 배우체 단계를 거쳐 수정란으로부터 발생한 초기 아포체를 대상으로 온도, 조도별 배양 조건에 따른 두 종의 성장 경향을 비교 분석하였다. 각 배양 단계별 발아율과 성장치는 3반복하여 평균치를 사용하였다.

결 과

개다시마(*K. crassifolia*)와 다시마(*L. japonica*)의 엽상체 형태와 서식생태

강릉연안에 분포하고 있는 다시마과(Laminariales)는 오래전부터 자연군집으로 서식하고 있는 토속종인 개다시마

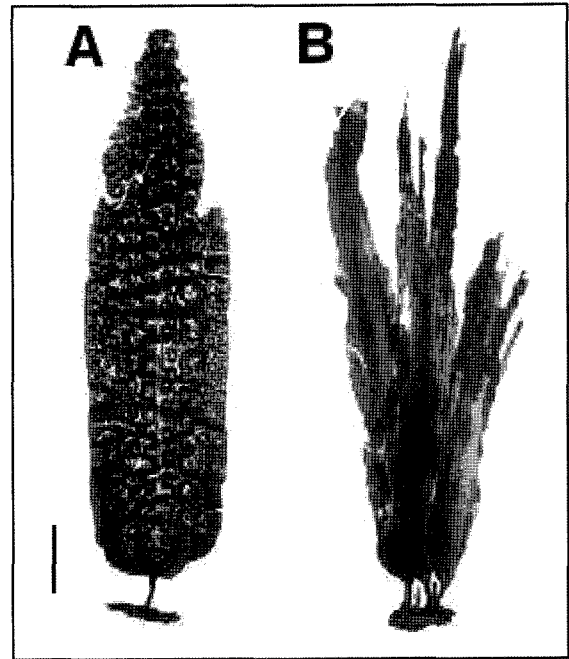


Fig. 1. Photos of *K. crassifolia* (A) and *L. japonica* (B) showing different morphologies: Scale bar, 10 cm.

(*Kjellmaniella*)속과 일본에서 포자를 들여와 양식하던 이식종인 다시마(*Laminaria*)속으로 나눌 수 있다(Fig. 1). 개다시마 식물은 중대부가 넓고 기부 모양이 넓게 나타났으며 엽체의 용문상이 3월경에 뚜렷하게 보이며 조여름까지 엽체 생장이 이루어진다. 다시마는 애기다시마에 비해 엽폭과 중대부가 넓고 줄기 부도 두껍고 부착부도 무성한 특징을 보인다. 수직분포로 보면 이 두 부류는 생태적으로 서로 격리를 보이는데 강릉연안에서는 대체로 수심 15 m를 기준으로 얇은 곳에는 다시마(*L. japonica*), 이보다 깊은 수심 25 m 정도까지는 개다시마(*K. crassifolia*) 종류가 분포하고 있다. 개다시마의 분포보다 더 깊은 곳에는 구멍쇠미역(*Agarum cribrosum*) 식물이 군락을 이루고 있다.

다시마의 주 성장기인 5월(2002년)에 조사된 수온은 표층이 15.6°C일때 다시마가 서식하는 생육대 10 m의 수온은 이보다 5°C 낮고 개다시마 서식대인 20~25 m에서는 수온 5.1~4.4로 표층보다 10°C 정도 낮다. 다시마가 쇠퇴하는 계절인 9월에는 표층수온이 19.8°C로 10 m와 20 m 수심에서는 각각 20.3°C, 17.9°C로 5월에 비해 큰 차이를 보이지 않았다.

유주자 발아

개다시마(*K. crassifolia*) 식물의 유주자 발아율은 15°C가 가장 좋았으며, 10~20°C에서 90% 이상의 발아율을 보였다(Table 1). 온도 25°C에서는 가장 낮은 발아율인 70% 대를 나타내었다. 조도에 따른 발아율은 저온으로 갈수록 120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 고조도에서 높게 나타났으나, 반대로 20°C 이상에서는 낮은 발아율을 보였다. 부동포자는 배양 3일 내에 발아를 하여 배우

Table 1. The ratio of spore germination from zoospore in different temperature and irradiance in *K. crassifolia* and *L. japonica*

Species	Irradiance ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
<i>K. crassifolia</i>	40	79.7	90.0	87.7	91.2	73.1
	80	87.7	90.5	93.5	96.5	82.4
	120	92.2	93.7	95.2	83.9	66.2
<i>L. japonica</i>	40~120	95.5	95.5	95.5	95.5	95.5

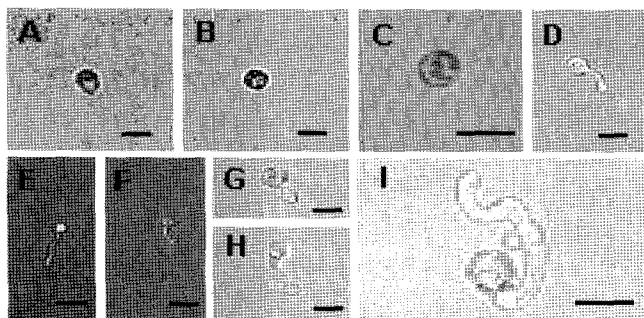


Fig. 2. Germination of zoospore from sporophyte of *Laminaria japonica*. (A, zoospore in motile stage B-C, embryospore: D-I, germination of embryospore: Scale bar, 20 μm).

체의 형태를 갖추기 시작하여 암 배우체의 경우 세포수가 1~3 개를 나타내었다. 그러나 25°C에서는 배우체로의 발달도 더딜 뿐만 아니라, 암·수 배우체의 구별도 뚜렷하지 않았다.

다시마(*L. japonica*) 종류의 유주자의 발아는 정지 배양 3일 이후에는 모든 온도와 조도실험구에서 95.5% 이상으로 발아가 이루어고 초기 배우체의 상태로 성장하였다. 유주자는 배양 초기에 부동포자로부터 발아관을 형성하여 이령모양으로 발전하

였고, 세포질 이동을 통한 초기 배우체 형태를 갖추기 시작하였다(Fig. 2. A~D). 이러한 성장 경향은 다른 온도 조건보다 15°C와 20°C의 배양조건에서 빠르게 나타나서 24시간 안에 대부분의 부동포자가 초기 배우체 형태로 발전하였다(Fig. 2. E~I). 동일한 온도 조건에서는 전체적으로 높은 조도일수록 발아가 빠르게 이루어지는 경향을 보였다. 가장 더딘 발아율을 보인 5°C와 25°C의 경우, 저온인 5°C에서는 높은 조도로 갈수록 발아도 빨리 일어나서 10, 15, 20°C와 유사한 경향을 보였으나 고온인 25°C에서는 반대로 낮은 조도에서 빠른 발아가 이루어지는 상이한 결과를 보여주었다.

배우체 및 아포체 형성

개다시마 식물이 배우체에 대한 항온 배양기내에서 조건별 실험의 결과는 20°C, 40~60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 배우체의 유지 및 생장이 가장 좋았다. 20°C의 경우 6주 후에는 암 배우체의 세포수가 30개에 달할 정도로 좋은 성장을 보였으며 빠른 것은 수정을 통해 아포체를 형성하였다(Fig. 3. A~D). 가장 느린 성장을 보인 25°C의 조건에서는 저조도에서만 배우체의 세포수가 3~5개 정도였다. 배양 3개월 후에는 약 2 mm 까지 성장한 아포체가 관찰되었다.

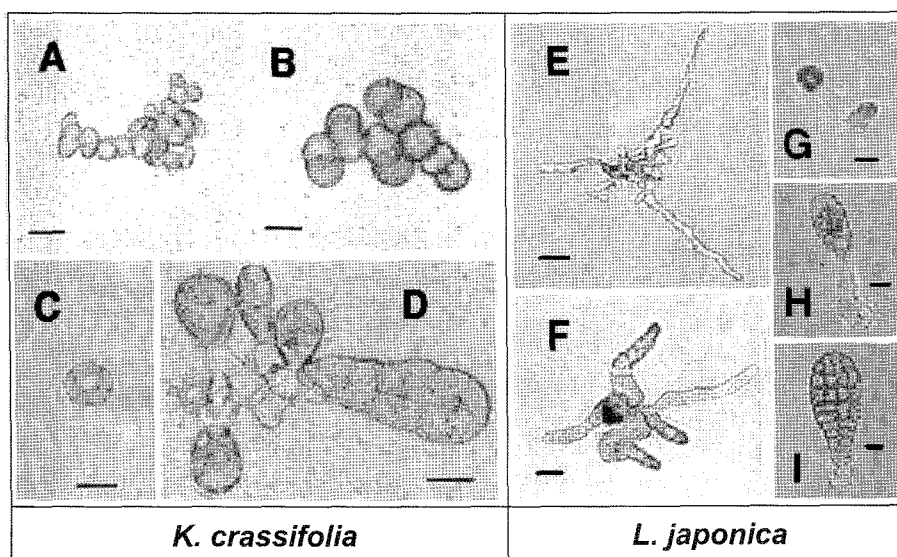


Fig. 3. Life history stage of *K. crassifolia* (A, male gametophyte; B, female gametophyte; C, germling of fertilized egg; D, juvenile sporophyte: Scale bar, 20 μm) and *L. japonica* (E, male gametophyte; F, female gametophyte; G~I, germling and sporophyte of fertilized egg: Scale bar, 20 μm) in indoor culture.

다시마(*L. japonica*) 유엽의 성장 과정(Fig. 3. E-I)은 성숙한 암, 수 배우체에서 수정이 되어 아포체로 형성되며 아포체가 유엽으로 성장되는 단계에서는 최초 발아관과 평행하게 분열이 시작되었다. 15°C, 80 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 배양조건에서 배양 2일 만에 8세포로 분열되었다. 2일 세포의 발아체는 아포체의 마지막 세포의 중앙에서 수직으로 분열되어 다열세포로 성장하는데 3일이 경과되었다. 그 후 중·상부 각 세포에서 중횡으로 세포가 분열하여 장란형을 이루었다. 이때부터 고리 모양의 초기 수정체가 성숙한 포자체와 같은 가운뎃을 형성하기 시작하였다. 암·수 배우체의 성숙은 최초 배양 10일부터 성숙되어 배양 25일 이내에 20°C까지 성숙되어 아포체로 형성이 되었다. 80~120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 고조도의 조건에서 배양 10~15일 이내의 빠른 성숙을 보였으며 40 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서는 성숙이 가장 늦게 이루어졌다.

개다시마와 다시마 아포체의 온도 조도별 성장 비교

개다시마(*K. crassifolia*)는 10°C, 120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 배양 2주만에 먼저 아포체의 발아가 관찰되었으며 이후 15°C와 5°C에서 순차적으로 아포체의 발아가 이루어졌다. 20°C에서는 80~120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 소수의 아포체만을 관찰할 수 있었으며 25°C에서는 아포체가 형성되지 않았다. 생장이 가장 좋은 조건은 10°C, 40 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 으로 엽장 1.28 mm까지 성장했다.

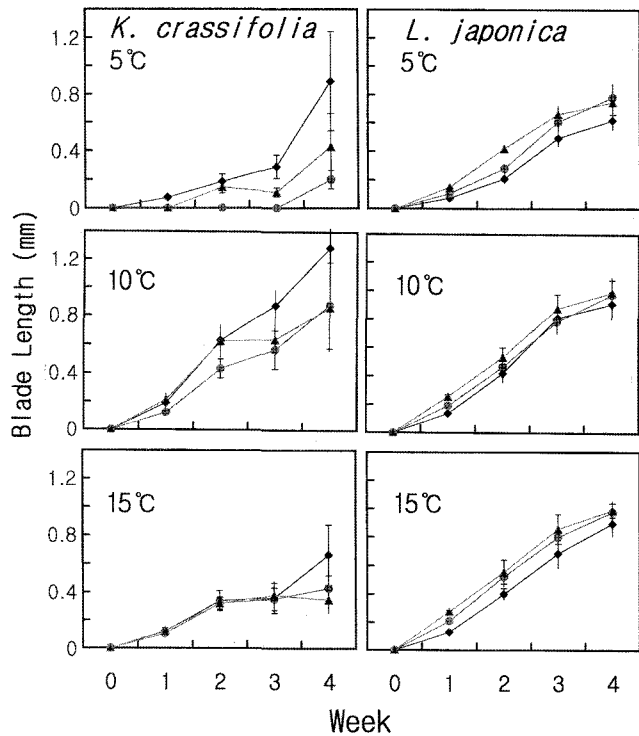


Fig. 4. Growth pattern of *Kjellmaliella* and *Laminaria* sporophyte in different culture condition (●: 40 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, ▲; 80 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, ■; 120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

토속종인 개다시마의 성장은 이입종인 다시마에 비해 저온과 저조도에서 좋은 성장을 보였다(Fig. 4).

다시마(*L. japonica*) 개체군의 모조로부터 확보한 배우체는 5, 10, 15°C와 40~120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 배양조건에서 성장이 양호하였다. 특히, 10°C와 15°C에서 성장이 좋았으며 25°C에서는 아포체의 발아가 이루어지지 않았다. 조도에 따른 생장은 대부분의 온도조건에서 80과 120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 좋은 성장을 보였으나 40 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 은 모든 온도 조건에서 생장이 가장 낮았다. 전체적으로는 고른 성장을 보이는 15°C에서 120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 일 때 1 mm 정도의 가장 높은 성장을 보였다(Fig. 4).

고찰

강원 연안에 자생하고 있는 개다시마(*K. crassifolia*) 식물은 지역 어민들은 참다시마(강릉) 또는 곤포(고성)라고 부르고 있기도 하다(Lee and Kang, 1986; Kim, 2003). 토속종인 개다시마 식물은 엽체장이 1월에서 7월까지 성장하고 수온이 높은 시기인 8월부터 끝녹음이 시작되고 비대생장이 이루어진다(Kim et al., 1999). 이보다 얕은 곳에 서식하는 다시마(*L. japonica*) 종보다 끝녹음이 늦게 나타나는 것은 깊은 곳에 분포하여 낮은 수온과 조도의 서식환경에 적응된 생장 양상을 보이기 때문으로 보인다. 홋카이도 해역의 개다시마 개체군은 수심 10 m에 분포하는데 엽체가 감소하는 시기는 5월부터 8월로(Yamamoto, 1986) 강원연안의 개다시마보다 비교적 빠르게 나타나고 있는 것은 강원연안의 개다시마 종류는 홋카이도 연안의 종보다 더 깊은 곳에 분포하는 것과 관련이 있다고 보여진다.

다시마 두 종류의 실내배양조건의 비교에서 포자발아, 배우체 형성, 아포체의 성장에 대해 분석한 결과 다시마 식물에 비해 개다시마 식물이 보다 낮은 수온과 조도에 적응됨을 알 수 있다. 유주자의 발아는 다시마의 경우는 거의 모든 실험 조건에서 95%의 발아율을 보인 반면 개다시마의 경우는 온도 조건에 따라 70~95%로 낮은 발아율을 보였다. 개다시마 배우체의 모양은 다시마에 비해 배우체가 작고 원형에 가까운 모양을 보인다. 아포체 모양에서도 다시마가 길쭉한 것에 비해 개다시마는 비교적 둥근 모양을 나타내었다. 이는 강릉연안 다시마의 자낭반이 형성되기 시작하는 수온이 수심 10 m에서는 20°C 부근, 20 m에서는 15~17°C로 생육층에 따라 큰 차이를 보인다. 이는 대서양 연안 수심이 깊은 곳에 분포하는 *Laminaria saccharina*와 *L. longicuris* 두 종의 배우자낭의 형성과 포자체의 형성이 20°C 이하에서 이루어지는 현상과 유사하게 나타났다(Egan and Yarish, 1988).

아포체 실내배양의 최적 성장 조건은 개다시마 식물은 10°C, 40 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 인 반면, 다시마 식물은 15°C, 120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 으로 온도와 조도의 특성은 두 다시마 속이 서식하는 생육환경에 따

라 그에 상응하는 배양환경 특성을 보였다. Ozaki 등(2001)은 개다시마 식물은 낮은 조도에서도 영양염 흡수율이 다시마에 비해 2~7배 높으며 광보상점과 포화도는 더 낮게 나타나 높은 탁도에서도 더 깊은 서식처에 적응할 수 있다는 것을 지적한 바 있다.

차가운 해역의 특정한 곳에 분포하는 토속종 다시마의 분포역에 난류의 영향이 강해지거나 홍수에 의한 토사 유입으로 그 서식처가 무너질 때 개다시마의 분포역은 축소될 수 있다. 이에 비해 다시마의 분포역은 수심이 깊은 곳으로 더 확산이 될 때 토착종인 개다시마 종류와 자리다툼이 일어날 수도 있다. 수온과 조도에 대한 실내배양 연구에서 두 종에 대한 포자의 발아와 유아의 성장 적응에 대한 분석은 이곳에 서식하는 바다환경의 특성을 잘 반영해주고 있다고 본다.

요 약

이 연구는 동해 연안에서 토속종인 개다시마(*K. crassifolia*)와 이식종인 다시마(*L. japonica*)의 실내 배양에서 온도와 조도에 대한 특성을 비교하였다. 유주자 단계에서 수온 15~20°C 도일 때 24시간 안에 95%의 포자 발아가 이루어진 반면 개다시마는 48시간 안에 90%를 보였다. 배우체의 성장은 10°C와 15°C 도에서 생장이 좋았는데 이입종인 다시마는 80~120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 고조도에서 최대를 보였고 토속종인 개다시마는 40~80 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 낮은 조도에서 최적을 보였다. 아포체의 성장은 개다시마는 10°C, 40 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 조도에서 생장이 좋은 반면 다시마는 수온 10~20°C와 40~120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 조도의 다양한 조건에서 생장이 좋게 나타났다. 개다시마의 배양 최적 조건은 이입종 다시마에 비해 수온과 조도의 범위로 볼 때 매우 협소하게 나타나 이는 개다시마가 깊은 곳에 서식하는 바다환경의 특성을 잘 반영해주고 있다.

사 사

본 연구는 산업자원부 지정 강릉대학교 동해안해양생물자원 연구센터의 연구비와 해양수산부 수산특정연구과제 “갯녹음현상의 원인 규명 및 대책”의 일부 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

Bae, K. U., J. W. Chang and M. H. Seong, 1977. Studies on the culture of Laminariaceae: Rapid culture of seedlings of *Laminaria japonica* and *Laminaria religiosa* by artificial liquid method. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 16, 151-163.
 Baik, K. K. and C. K. Pyen, 1973. Study on growth of *Laminaria japonica* in the coastal area of Kang Won Do. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 11, 79-97.

Chang, J. W., D. Y. Chung., K. U. Bae and M. N. Yun, 1973. Studies on the culture of *Laminaria* (3) Comparison on the growth on cultured *Laminaria japonica* in Mipo Bay, Ulsan City. Bull. Fish Res. Dev. Agency, 11, 37-57.
 Chang, J. W. and Y. S. Son, 1993. Studies on the morphological characteristics of *Laminaria japonica* and *Laminaria religiosa* in the coast of Kang Won Do of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 48, 167-177.
 Egan, B. and C. Yarish, 1988. The Distribution of the genus *Laminaria* (Phaeophyta) at its southern limit in the Western Atlantic Ocean. *Botanica Marina*, 31, 155-161.
 Gong, Y. G., 1993. The growth and morphological variations of the natural and cultured *Laminaria japonica* in Korea. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. agency, 47, 165-176.
 Kang, J. W., 1966. On the geographical distribution of the marine algae in Korea. Bull. Pusan. Fish. Coll., 7, 1-125.
 Kang, R. S., 1999. A study on the germination, growth, and production of *Laminaria japonica* from the eastern coast of Korea. Ph. D. thesis, Seoul Nat'l Univ. Seoul, Korea.
 Kim, H. G., 2003. Environmental adaptation of native kelp *Kjellmaniella crassifolia* and Marine Environment in Gangwon Coast. 6th Korea-Japan Fisheries Seminar, 25-37.
 Kim, H. G. J. I. Lee, S. B. Lee and J. G. Park, 1999. Distribution and standing crops of *Laminaria* and *Kjellmaniella* the coast of Kangnung province. Institute of environmental technology, Samchuk Nat. Univ., 1, 153-158.
 Lee, I. K and J. W. Kang, 1986. A check list of marine algae in Korea. Korean J. Phycol., 1, 311-325.
 Lee, J. A., 1992. Gametogenesis and early sporophyte development of *Laminaria religiosa* in the east coast of Korea. Korean J. Phycol., 7, 109-119.
 Lee, J. H., D. H. Kim, S. P. Jung, S. J. Choi, I. K. Chung and J. A. Shin, 2005. Cultivation of *Laminaria japonica* (Laminariales, Phaeophyta) in Udo Coast, Jeju, Korea. *Algae*, 20, 76.
 Nam, K. W., C. S. Lee, S. D. Lee, J. W. Chang and Y. C. Kim, 1985. Ecological studies on *Laminaria religiosa* of the coast in Kangwon Province of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. agency, 36, 89-103.
 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.
 Ozaki, A. H., H. Mizuta and H. Yamamoto, 2001. Physiological differences between the nutrient uptakes of *Kjellmaniella crassifolia* and *Laminaria japonica* (Phaeophyceae). *Fisheries Science*, 67, 415-419.
 Sohn, C. H., 1998. Historical review on seaweed cultivation of Korea. *Algae*, 11, 357-364.
 Yamamoto, H., 1986. Monthly changes in the occurrence and

- growth of *Kjellmaniella crassifolia* Miyabe. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 37, 165-170.
- Yoon, H. S. and S. M. Boo, 1999. Phylogeny of Alariaceae with special reference to *Undaria* based on sequence of the RuBisCo spacer region. *Hydrobiologia*, 398/399, 47-55.
-
- 원고접수 : 2005년 9월 12일
수정본 수리 : 2005년 11월 5일