

[Note]

갈조류 양식 모자반(*Sargassum fulvellum*)과 해적생물에 대한 pH와 염분의 효과

황은경^{1*} · 하동수¹ · 백재민¹ · 위미영² · 박찬선²

(¹국립수산물연구원 해조류연구센터 · ²목포대학교 해양수산자원학과)

Effects of pH and Salinity on the Cultivated Brown Alga *Sargassum fulvellum* and Associated Animals

Eun Kyoung Hwang^{1*}, Dong Soo Ha¹, Jae Min Baek¹, Mi Young Wee² and Chan Sun Park²

¹Seaweed Research Center, NFRDI, Jeonnam 530-831, Korea

²Department of Marine Resources, Mokpo National University, Jeonnam 534-729, Korea

The effects pH and salinity on the brown alga *Sargassum fulvellum* were investigated in the context of the removal of two major associated animals, *Caprella scaura* and *Gammaropsis utinomi*. Optimum quantum yield (Fv/Fm) of *S. fulvellum* was also examined in the same experimental conditions as an index of stress. Experiments on pH and salinity tolerances of the two animal species indicated that mortality was more than 80% at extremes of pH (2, 3, 4, 10, 11, 12) and salinity (0, 3.5, 7, 10, 44 psu) after a 5 min treatment. Lethal time (LT₅₀) from pH 2 to pH 4 was less than 90 sec in *C. scaura*, and less than 70 sec in *G. utinomi*. From 0 to 10 psu, LT₅₀ was less than 20 sec in *C. scaura* and less than 60 sec in *G. utinomi*. The quantum yield of *S. fulvellum* was not significantly different from controls within the pH range 4~10, and within the salinity range of 7-40 psu. When exposed to pH and salinity conditions outside these ranges, the effect of these factors on the removal of two animal species was higher, but quantum yield was highly reduced. These results indicate that the optimal conditions for removing the animal species without affecting optimum quantum yield were pH 4-10, and salinities 7-10 psu and 44 psu.

Key Words: *Caprella*, *Gammaropsis*, pH, Salinity, *Sargassum* cultivation

서 론

모자반류는 대형 갈조류로 저조선 부근에서 점심대 상부에 걸쳐 큰 군락을 형성한다. 이러한 대형갈조류 군락은 해중림을 조성하여, 어류와 패류등 유용 수산동물자원의 서식처와 산란장으로 이용되므로써, 해양생태계 유지에 있어 매우 중요한 기능을 담당하고 있다(Ohno 1993; Watanuki and Yamamoto 1990).

우리나라에 분포하는 모자반류는 모두 28종으로 알려져 있으며(Lee and Kang 2002), 이 가운데 식용으로 이용되는 것은 모자반(*Sargassum fulvellum*)이 대표적이다(Hwang *et al.* 2005). 최근 Hwang *et al.*(2005, 2006)에 의하여 모자반의 성장과 성숙 유도 조건이 구명되므로써, 대량 인공 종묘생산

에 의한 양식이 가능하게 되었다.

현재 서남해역의 일부 지역에서 이루어지고 있는 모자반의 양식 확대를 위하여 가장 시급히 해결되어야 할 문제점은 가이식과 초기 양성 과정에 있어서 모자반의 어린 엽체를 섭식하는 섭식자(grazers)를 제거하기 위한 효과적인 해적생물 구제법의 구명이라고 할 수 있다(Hwang *et al.* 2005). Mukai(1971), Thiel(2002) 및 Sano *et al.*(2003)는 모자반류의 섭식자로는 여러 종류의 해적생물이 존재하는데 대표적인 종류가 Caprellids와 Gammarids로 보고하였다. 이들 속을 대상으로 한 염분농도 변화에 대한 내성실험에서는 염분농도 12.97-18.84 psu에서 반수치사하는 것으로 나타났다(Beadle and Cragg 1940; Sutcliffe 1968; Takeuchi *et al.* 2003). Gammarus속의 종들은 수소이온의 농도 변화에도 매우 민감하게 반응하는 것으로 보고된 바 있다(Gaston and Spicer 2001).

모자반의 유배 채묘는 지역별 수온 조건에 따라 다르나 3

*Corresponding author (ekhwang@momaf.go.kr)

월경 크레모나 36합사의 채묘들을 이용하여 이루어지며, 채묘 뒤 약 1개월간의 수조 배양 후 5-6월경 바다에서 약 1개월간의 가이식 기간을 거쳐 본양성을 실시하게 된다. 가이식 기간 동안 모자반 유체는 종사에 부착된 상태로 유체를 섭식하는 *Caprella scaura*와 *Gammaropsis utinomi* 등 요각류들의 강한 섭식압에 노출된다. 요각류에 의한 모자반 유체의 섭식은 짧은 시간 내에 집중적으로 이루어지므로 모자반이 4-5엽 이상의 유체로 분화하기까지의 시기동안 인위적인 해적생물의 구제는 모자반 유체의 생존율을 높이고 개체 수의 감소를 최소화하기 위하여 반드시 필요한 과정이라 할 수 있다. 그러나 이들 해적생물에 관한 연구는 대부분 지리적 분포나 생태학적 동태의 파악에 관한 것들이고 (Sano *et al.* 2003), 모자반 양식에 있어서 해적생물의 구제에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 모자반의 가이식 및 초기양성 기간 동안에 대량으로 발생하여 모자반 양식에 큰 피해를 야기하는 섭식동물 제거를 위한 pH와 염분 농도 범위를 구명하기 위하여, 다양한 pH 농도 및 염분농도별 섭식동물의 구제효과를 밝히고자 하였으며, pH 농도 및 염분농도별 모자반의 최적양자수율의 변화 양상을 구명함으로써, 모자반 양식 현장에서 해적생물제거에 효과적이고도 경제적으로 사용할 수 있는 pH와 염분범위를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

모자반 모조는 2003년 2월 전남 진도군 조도 지역의 수심 3-5 m에서 채집하였으며, 채집 즉시 실험실로 운반하여 유수식 사육 수조에 수용하였다. 성숙 유도는 20 L 플라스틱 bottle을 사용하였으며, 방출된 유배는 수차례 멸균해수에서 세척 후 멸균된 5 cm 직경의 petri dish에 멸균해수 20 mL와 함께 수용하여 Multi-chamber incubator에서 배양하였다. 유배의 배양조건은 온도 15°C, 조도 100 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 및 광주기 16:8 h 조건에서 4-5장의 초기엽이 형성될 때까지 5개월간 배양하여, pH와 염분농도별 실험에 사용하였다.

pH 농도 범위는 멸균해수에 1 M HCl과 1 M NaOH을 사용하여 대조구인 pH 8과 각각 pH 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12가 되도록 조정하였으며, 염분 농도 범위는 멸균해수에 NaCl과 증류수를 사용하여 대조구인 33 psu와 각각 0, 3.5, 7, 10, 17, 30, 36, 40, 44 psu가 되도록 조정하였다. pH 및 salinity의 측정은 각각 Thermo 290⁺ (Orion, USA) 휴대용 pH/ISE Meter와 YSI 60 (Sontek, USA)로 측정하였다.

해적생물 *Caprella scaura*와 *Gammaropsis utinomi*는 전남 완도군 정도리 지역의 모자반 실험 양식장에서 모자반 염체에 부착된 상태로 실험실로 운반하여 실험에 사용하였다. *C.*

*scaura*와 *G. utinomi*를 대상으로 한 pH 및 salinity 농도별 치사율 실험은 500 mL 용량의 비이커를 사용하여 pH 농도 및 염분농도별 200 mL 해수를 조제한 후 실험구당 *C. scaura* 또는 *G. utinomi*를 각각 30마리씩 수용하고 시간경과에 따라 치사개체를 계수하였다. 치사개체는 활력이 떨어져 움직임이 완전히 정지한 상태로 즉시 비이커로부터 제거하였다. 모든 실험은 독립된 3반복 실험구를 두어 실험구별 평균 치사율과 반수치사시간 (LT₅₀)을 구하였다.

모자반 염체의 실험 조건별 최적양자수율 (optimum quantum yield) 측정은 각각의 pH와 salinity 농도별 처리구에 각각 5분, 10분 및 20분간 침지 후 최적양자수율의 변화를 PAM-2000 (Walz, Germany)을 사용하여 측정하였다. 이때 모자반 염체의 암적응 방법은 각각의 pH와 염분 농도별 침지 후 염체를 대조구의 해수에 옮겨 세척한 후, petri dish에 넣어 빛이 투과되지 않는 Ice box 내에서 5분간 유지하였다. 형광유도과정에서 나타나는 Fv/Fm 값은 광화학 반응에 대한 최적양자수율의 최대치를 의미하며, 이 값을 각 실험조건별 모자반 염체의 스트레스 지표 (Kooten and Snel 1990)로 사용하였다. 최적양자수율의 변화는 실험구마다 5개 반복구를 두어 평균값으로 결정하였다.

해적생물 구제율에 대한 pH와 salinity의 실험구간별 유의성 분석은 분산분석법 (One-way ANOVA)을 이용하여 실시하였으며 (Zar 1984), 통계프로그램은 SPSS Vers. 8.0과 SYSTAT Vers. 9.0을 이용하여 0.05 수준에서 이루어졌다.

결 과

해적생물의 pH와 염분 농도별 반수치사시간

pH 농도별 해적생물의 반수치사시간은 pH 2-4 및 pH 10-12 구간에서는 180초 이내인 것으로 나타났다 (Fig. 1). *C. scaura*는 pH 4 이하의 구간에서는 반수치사시간이 120초 이내를 보인 반면, pH 5-9의 구간에서는 반수치사시간이 2,000초 이상으로 나타났다. 또한 pH 10 이상의 구간에서는 반수치사시간이 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 *G. utinomi*는 pH 5-9의 구간에서는 반수치사시간이 2,000초 이상으로 나타났으나, pH 4 이하의 구간과 pH 10 이상의 구간에서는 반수치사시간이 80초 이내를 나타내었다.

염분농도별 해적생물의 반수치사시간은 염분농도 0-10 psu 구간과 44 psu 구간에서는 120초 이내인 것으로 나타났다 (Fig. 2). *C. scaura*는 10 psu 이하의 구간에서는 반수치사시간이 20초 이내로 나타난 반면, 17-40 psu의 구간에서는 반수치사시간이 2,000초 이상으로 나타났다. 또한 44 psu의 구간에서는 반수치사시간이 다시 감소하여 60초로 나타났다. 또한 *G. utinomi*는 10 psu 이하의 구간에서는 반수치사시간이 60초 이하로 나타났으나, 17-40 psu의 구간에서는 반수

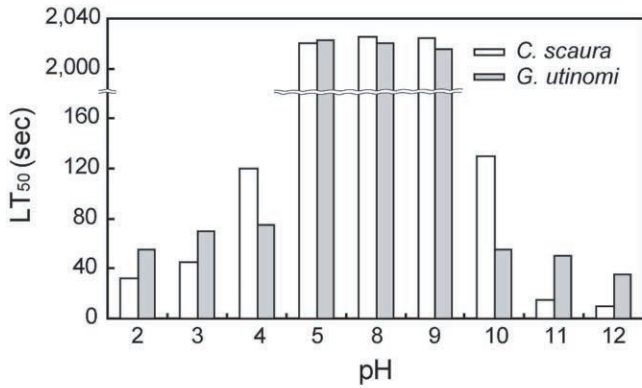


Fig. 1. Effects of pH on lethal time of the two associated animals of *Sargassum* cultivation, *Caprella scaura* and *Gammaropsis utinomi*.

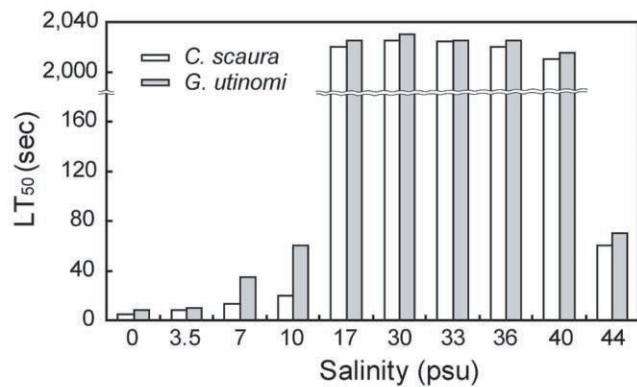


Fig. 2. Effects of salinity on lethal time of the two associated animals of *Sargassum* cultivation, *Caprella scaura* and *Gammaropsis utinomi*.

침사시간이 2,000초 이상으로 나타났다. 또한 44 psu의 구간에서는 역시 반수침사시간이 다시 감소하여 70초로 나타났다.

모자반 유엽의 pH와 염분 농도별 최적양자수율 변화

pH 농도 및 침지시간별 모자반 유엽의 최적양자수율 변화는 Fig. 3과 같다. 모자반 유엽을 5분간 각각의 pH 농도에 침지시켰을 때 (Fig. 3A), pH 2와 3에서는 최적양자수율이 각각 0.05 ± 0.02 및 0.38 ± 0.03 로 대조구 (0.59 ± 0.02)와 비교하여 매우 낮게 나타났으며 (One way ANOVA, $p < 0.01$), pH 4-10 구간에서는 최적양자수율이 0.58-0.61의 분포를 보여 대조구 0.59 ± 0.02 와 유의한 차이를 보이지 않았다 (One way ANOVA, $p > 0.05$). 또한 pH 11에서는 0.11 ± 0.08 로 최적양자수율이 낮게 나타났으며, pH 12와 13에서는 최적양자수율이 0으로 나타났다 (One way ANOVA, $p < 0.01$). pH 2와 3 및 pH 11, 12 등에서 나타난 낮은 최적양자수율은 모자반 유엽을 대조구 조건 (pH 8)의 해수로 옮겨준 후에도 회복되지 않았다. 모자반 유엽을 10분간 각각의 pH 농도에 침지시킨

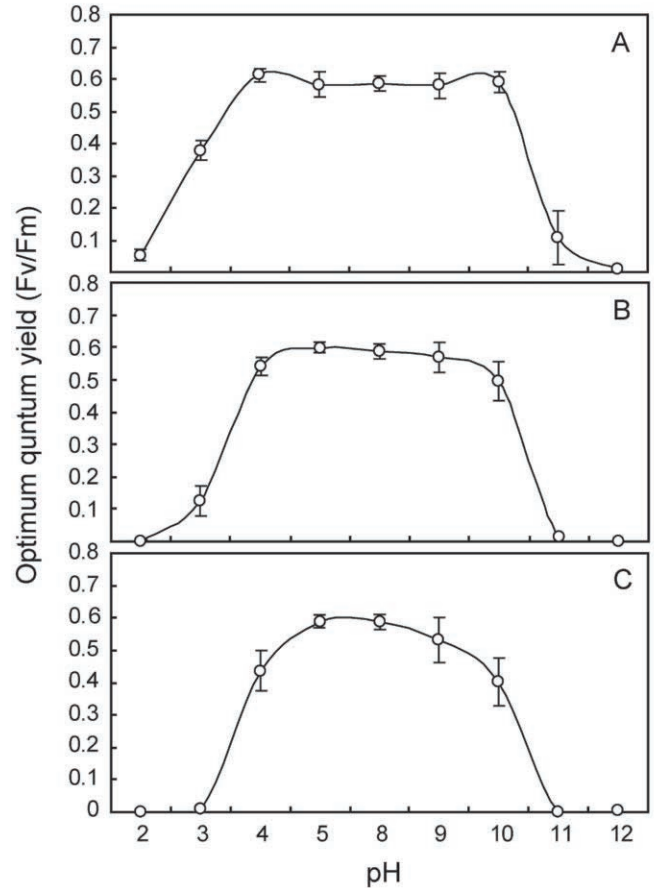


Fig. 3. Optimum quantum yields of *Sargassum fulvellum* after 5 min (A), 10 min (B) and 20 min (C) dipping according to different pH conditions. Vertical bars indicate SD.

결과 pH 4-9 구간에서는 최적양자수율이 0.54-0.57의 분포를 나타내어 대조구와 유의한 차이를 보이지 않았으나 나머지 실험구간에서는 최적양자수율의 유의한 차이를 나타내었다 (Fig. 3B). 또한 모자반 유엽을 20분간 각각의 pH 농도에 침지시켰을 때 (Fig. 3C), 최적양자수율의 변화가 대조구와 유사한 pH 구간은 pH 5-9의 범위인 것으로 나타났다.

염분 농도 및 침지시간별 모자반 유엽의 최적양자수율 변화는 Fig. 4와 같다. 모자반 유엽을 5분 및 10분간 각각의 염분농도에 침지한 결과 (Figs 4A, B), 모든 염분농도구간에서 최적양자수율의 유의한 변화를 나타내지 않았다 (One way ANOVA, $p > 0.05$). 그러나 침지시간을 20분으로 한 경우 (Fig. 4C), 0 psu에서는 최적양자수율이 0.32 ± 0.26 으로 작게 나타났으며, 3.5 psu에서는 최적양자수율이 0.45 ± 0.16 으로 나타났다. 7-44 psu 구간에서는 최적양자수율의 평균값이 0.58-0.67의 분포를 나타내었으며, 대조구인 33 psu와 비교하여 36과 40 psu에서 최적양자수율이 높은 것으로 나타났으나 유의한 차이는 아니었다 (One way ANOVA, $p > 0.05$). 0과 3.5 psu에서 나타난 낮은 최적양자수율 (One way ANOVA, $p < 0.01$)은 모자반 유엽을 대조구 조건 (33 psu)의

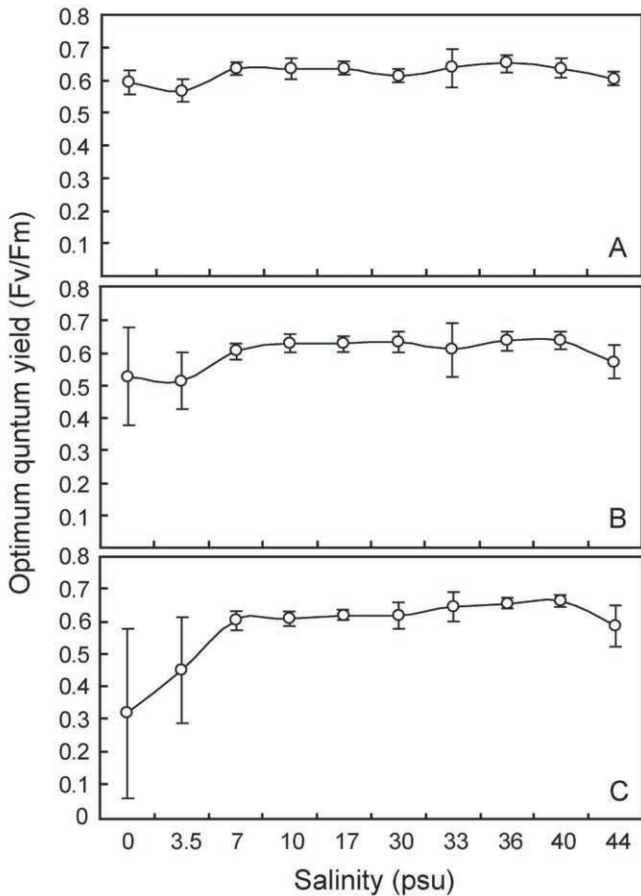


Fig. 4. Optimum quantum yields of *Sargassum fulvellum* after 5 min (A), 10 min (B) and 20 min (C) dipping according to different salinity concentrations. Vertical bars indicate SD.

해수로 옮겨준 후에도 회복되지 않았다.

고 찰

모자반류는 저조선 부근에서 큰 군락을 형성하여 어류와 패류등 유용 수산동물자원의 서식처와 산란장으로 이용된다 (Ohno 1993, Watanuki and Yamamoto 1990). 대벌레류 (Caprellid)는 자연상태의 모자반 군집에서 가장 우점하는 단각류이며, 부속지의 발달이 적어 운동성이 거의 없으므로 주로 모자반류에 착생하여 생육한다(Takeuchi et al. 2003). *Caprella*의 몇몇 종들은 해조류를 직접 식해하지는 않는 규조류 식성이긴 하나 해조류 표면에 부착된 규조류를 섭식하는 과정에서 모자반 유체에 물리적 자극을 미칠 것으로 보인다. 또한 *Caprella*는 3개월 미만의 짧은 세대를 거쳐 폭발적으로 개체가 늘어나며, 모자반류를 서식처로 하여 이동하지 않는 습성으로 인하여 좁은 공간에 밀집하여 착생하게 되므로 (Takeuchi et al. 2003), 결과적으로 모자반 유체의 생육 공간을 잠식하게 되는 것으로 보인다. 실제로 모자반 종사의 가이식 기간중 1 cm의 종사에 40-50개체 가량의 *Caprella*가 부

착하여 서식하는 것이 확인되기도 하였다.

모자반류의 pH 농도별 최적양자수율의 변화는 Fig. 3A와 같이 pH 4-10 구간에서는 대조구와 유의한 차이를 보이지 않았으나, pH 2-3 및 pH 11-12의 구간에서는 최적양자수율이 크게 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 침지시간을 10분 또는 20분으로 하였을 경우에도(Figs 3B, C) 유사한 경향을 나타내었다.

이는 모자반류의 해적생물구제 목적으로 pH 3 이하의 조건 또는 pH 11 이상의 조건을 활용하면 모자반류 역시 생리적인 영향을 받을 수 있다는 것을 의미한다. 본 실험에서 나타난 pH 농도별 반수치사시간은 pH 4의 산성 조건에서는 *C. scaura*가 120초, 그리고 *G. utinomi*는 75초로 두 종류의 해적생물 모두 2분 이내에 반수치사에 도달하는 것으로 나타났다(Fig. 1). 또한 pH 10 조건 역시 *C. scaura*의 반수치사시간이 130초 및 *G. utinomi*의 반수치사시간이 55초로 나타나 해적생물의 구제 조건으로 사용이 가능함을 보였다. 모자반의 해적생물구제를 위한 적정 pH 범위는 모자반이 pH 변화에 대해 생리적으로 영향을 받지 않으면서 해적생물의 구제 효과를 보인 pH 4 또는 pH 10 조건이라 하겠다.

모자반류의 염분 농도별 최적양자수율의 변화는 침지시간을 5분 또는 10분으로 한 경우는 모든 염분농도구간에서 유의한 차이를 보이지 않았다(Figs 4A, B). 그러나 침지시간을 20분으로 한 경우(Fig. 4C) 7-40 psu 구간에서는 최적양자수율 변화가 대조구와 유의한 차이를 보이지 않았으나, 7 psu 이하의 저염분 구간 및 40 psu 이상의 고염분 구간에서는 최적양자수율이 급격히 감소하였다. Cockman and Albane(1987)은 호주 서부의 Swan River에서 생육하는 *C. scaura*와 *C. equilibra*의 분포와 염분내성을 연구한 결과 이들 두 종의 반수치사농도(LD₅₀)가 7.5-11.5 ppt라고 하였으며, Takeuchi et al.(2003)는 네 종류의 Caprellids의 염분내성을 실험한 결과 LD₅₀가 12.9-18.8 psu라고 하였다.

본 실험에서 나타난 염분농도별 반수치사시간은 10 psu 이하의 저염분 조건에서 *C. scaura*는 20초 이내 그리고 *G. utinomi*는 60초 이내로 두 종류의 해적생물 모두 1분 이내에 반수치사에 도달하는 것으로 나타났다(Fig. 2). 모자반 유엽의 염분 농도별 침지시간을 5분 또는 10분으로 한 경우 염분 농도별로 최적양자수율은 영향을 받지 않는 것으로 나타났으나(Figs 4A, B) 침지시간을 20분으로 하였을 경우(Fig. 4C) 0-3.5 psu 및 44 psu 구간에서 최적양자수율의 감소를 보였다. 이러한 결과는 0-3.5 psu의 저염분 조건에서 침지시간을 10분 이내로 처리할 경우 모자반 유체에는 생리적인 영향을 주지 않으면서도 해적생물 구제 효과를 볼 수 있음을 의미한다.

일반적으로 김 양식장에서의 해적생물 구제는 파래류와 규조류 등의 제거를 목적으로 산처리를 하거나 양식 밭의 노

출선을 상하로 조절하여, 부착 및 서식수층을 다르게 조절해주는 물리적 해적생물 제거법이 이용되어 왔다. 그러나 모자반은 공기중의 노출에 매우 약하며 수층의 조절만으로는 해적생물 제거가 어려우므로 가능한 짧은 시간 내에 해적생물을 구제하여야 한다. 본 연구에서 얻어진 모자반의 해적생물 구제에 효과적이었던 적정 pH 및 염분농도로 모자반 엽체를 침지 또는 분무하여 젖도록 한다면 모자반 엽체를 공기중에 노출시키는 시간을 최소화하면서 효과적으로 해적생물을 구제할 수 있을 것이다.

본 실험의 결과 해적생물의 반수치사시간은 pH 4와 pH 10 조건 또는 0-10 psu(저염분)과 44 psu(고염분) 조건에서 2분 이내로 나타났고, 동일조건으로 모자반 엽체에 5분간 처리했을 때 모자반의 광합성 효율 변화는 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 모자반 해적생물 구제법으로는 pH 4와 pH 10 조건 또는 염분농도 0-10 psu와 44 psu 조건에서 5분 이하로 처리하면 모자반 엽체에는 영향을 미치지 않으면서도 해적생물을 효과적으로 구제할 수 있을 것으로 보인다. 이와 같은 모자반의 해적생물 구제를 위한 반수치사시간은 제한된 실험실내의 작은 규모의 정량적 실험의 결과이지만 해적생물 구제에 영향을 미치는 주된 요소는 pH 및 염분농도이므로 야외 양식현장에서 해적생물 구제시 모자반의 해적생물구제에 효과적인 적정 pH 및 염분농도를 동일하게 적용한다면 야외 현장에서의 해적생물 구제효과도 실내실험에서 얻어진 그것과 비슷한 경향을 보일 것으로 사려 된다. 실제로 김 양식에 있어 산처리제의 효과는 주로 pH에 의해 좌우되는데 산처리에 소요되는 시간은 실내의 제한된 규모에서나 야외 현장의 큰 규모에서나 처리 규모에 관계없이 pH 조건에 따라 결정되며, 직접적으로 pH 조건이 해적생물 구제 효과 및 김 엽체의 활성 정도에도 영향을 미친다는 사실이 보고되어 있다(大房 2001, Sakaguchi et al. 2001).

본 연구의 결과는 모자반의 가이식 및 초기 양식시 행하여지는 해적구제를 위한 일련의 작업에 따른 어려움을 크게 줄일 수 있어 모자반 양식 산업의 생력화에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 모자반 양식에 있어 인체 또는 환경에 유해한 약품의 사용을 배제하고 친환경적으로 해적생물을 구제할 수 있는 수단을 제공하였다 하겠다.

사 사

이 연구는 국립수산물과학원(해조류 품종개발 및 양식기술 개발연구, RP-2006-AQ-024)의 지원에 의하여 수행되었다.

참고문헌

Beadle L.C. and Cragg J.B. 1940. Studies on adaptation to

- salinity in *Gammarus* spp. Regulation of blood and tissues and the problem of adaptation of freshwater. *J. Exp. Biol.* **17**: 153-163.
- Cockman B. and Albone P. 1987. Caprellidae of the Swan River estuary. In: John, J. (ed.) *Swan River estuary, Ecology and management*. Curtin Univ., Environmental Studies Group Report No. 1 Curtin Univ. of Tech., Perth, Australia, pp. 163-177.
- Gaston K.J. and Spicer J.I. 2001. The relationship between range size and niche breadth: a test using five species of *Gammarus* (Amphipoda). *Global Ecol. & Biogeogr.* **10**: 179-188.
- Hwang E.K., Baek J.M. and Park C.S. 2005. Growth, maturation and development of *Sargassum fulvellum* (Sargassaceae, Phaeophyta). *J. Kor. Fish. Soc.* **38**: 112-117.
- Hwang E.K., Baek J.M. and Park C.S. 2006. Artificial seed production and cultivation of the edible brown alga, *Sargassum fulvellum* (Turner) C. Agardh: developing a new species for seaweed cultivation in Korea. *J. Appl. Phycol.* 10.1007/s10811-006-9021-2.
- Kooten O. and Snel J.F.H. 1990. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosynth. Res.* **25**: 147-150.
- Lee Y.P. and Kang S.Y. 2002. *A catalogue of the seaweeds in Korea*. Cheju Natl. Univ. Press, Korea.
- Mukai H. 1971. The phytal animals on the thalli of *Sargassum serratifolium* in the Sargassum region, with reference to their seasonal fluctuations. *Mar. Biol.* **8**: 170-182.
- Ohno M. 1993. Succession of seaweed communities on artificial reefs in Ashizuri, Tosa Bay, Japan. *Algae* **8**: 191-198.
- Sakaguchi K., Park C.S., Kakinuma M. and Amano H. 2001. Effects of varying temperature, salinity, and acidity in the treatment of *Porphyra* infected by red rot disease. *Suisanzoshoku* **49**: 77-83.
- Sano M., Omori M. and Taniguchi K. 2003. Predator-prey systems of drifting seaweed communities off the Tohoku coast, northern Japan, as determined by feeding habit analysis of phytal animals. *Fish. Sci.* **69**: 260-268.
- Sutcliffe D.W. 1968. Sodium regulation and adaptation to fresh water in gammarid crustaceans. *J. Exp. Biol.* **48**: 359-380.
- Takeuchi I., Matsumasa M. and Kikuchi S. 2003. Gill ultrastructure and salinity tolerance of *Caprella* spp. (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) inhabiting the *Sargassum* community. *Fish. Sci.* **69**: 966-973.
- Thiel M. 2002. The zoogeography of algae-associated peracarids along the Pacific coast of Chile. *J. Biogeogr.* **29**: 999-1008.
- Watanuki A. and Yamamoto H. 1990. Settlement of seaweeds on coastal structures. *Hydrobiologia* **204/205**: 275-280.
- Zar J.H. 1984. *Biostatistical Analysis* Prentice Hall, Engelwood Cliffs, N.J.
- 大房 剛. 2001. 圖説 海苔産業の現状と将来. 成山堂書店, 東京.

Received 2 June 2006

Accepted 15 August 2006

