

ORIGINAL ARTICLE

## 남해 서부연안의 사구미 만에서 거머리말(*Zostera marina*)과 애기거머리말(*Z. japonica*)의 개체생태학

옥재승\* · 이상용<sup>1)</sup>

✉세일이엠에스 기업부설연구소, <sup>1)</sup>국립수산과학원 해조류바이오연구센터

### The autecology of *Zostera marina* and *Z. japonica* at Sagumi Bay in the southwestern coast of Korea

Jae-Seung Ok\*, Sang-Yong Lee<sup>1)</sup>

R&D Center SEILEMS, Ansan 426-895, Korea

<sup>1)</sup>National Fisheries Research & Development Institute, Mokpo 530-831, Korea

#### Abstract

The autecology of the *Zostera marina* and *Z. japonica* was studied in populations growing in the same locality (Sagumi Bay, southwestern coast of Korea). Environmental factors and plant characteristics were examined monthly from August 2008 to September 2011. Along intertidal zone, *Z. japonica* (0.1-0.5 m above mean lower low water, MLLW) occurred above *Z. marina* (0.5-2.5 m MLLW). Tidal exposure at low tide during day was the highest in the spring and the lowest in the summer. Underwater Irradiance showed seasonal fluctuation that was the highest in spring and summer caused by tidal pattern. Strong seasonal patterns in water temperature appeared to control the seasonal variations in morphology, biomass and leaf growth. The seasonal pattern of *Z. japonica* resembled that of the *Z. marina* in morphological characteristics, above-and below-ground biomass, whereas it differed in shoot density and leaf elongation. Despite some similarities in seasonal growth patterns, the patterns of *Z. japonica* were lagged by 2 month of *Z. marina*. Seasonal variation in the above biomass of *Z. marina* was caused by changes in density and plant size, whereas that of *Z. japonica* was mainly caused by changes in shoot density. *Zostera marina* was more sensitive to high temperatures than *Z. japonica*, and the increasing water temperature during the summer became the factor that inhibits the growth of the *Z. marina*.

*Zostera Japonica*, there is no clear change according to the amount of the light. It is because its habitat locates above that of *Zostera marina* so that the amount of the light that is necessary to growth is enough and in this condition, any preventing factor does not seem to work at all. Although underwater light getting into *Zostera marina's* habitat is very low level and there is no any hindrance to the survival of them, it prevents them from their productivity a bit.

**Key words** : *Zostera marina*, *Z. japonica*, Autecology, Leaf production

Received 18 June, 2014; Revised 21 August, 2014;

Accepted 28 August, 2014

\*Corresponding author : Jae-Seung Ok, R&D Center SEILEMS, Ansan 426-895, Korea

Phone: +82-31-416-9546, Fax: +82-31-416-9548

E-mail: okjs0531@hanmail.net

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

온대해역에서 출현하는 해초(seagrass) 종들의 생물량은 계절변화가 명확히 존재한다(Duarte, 1989). 온대해초들의 명확한 계절성은 빛과 수온의 계절적인 변화가 식물의 성장에 밀접하게 영향을 미친다(Jacob, 1979; Olesen과 Sand-Jensen, 1994; Laugier 등, 1999). 해초 종간의 생리적인 특성은 빛과 수온의 계절적인 변화에 따라 다르게 나타나게 되며, 계절에 따른 자원분배의 차이는 생식 능력, 식물체의 구조, 형태와 크기 차이로 표현된다(Duarte, 1991). 형태의 크기가 작은 해초는 지상부 생물량이 개체의 크기와 생육밀도의 계절 변화에 영향을 받지만, 형태의 크기가 큰 해초의 지상부 생물량은 식물체 크기와 잎 수의 계절변화에 영향을 받는 것으로 나타났다(Olsen과 Sand-Jensen, 1994; Marba 등, 1996). 해초 종들은 형태의 크기 차이로 그들이 분포하는 생육환경을 판단할 수 있는데, 형태가 큰 해초 종들은 변화가 작은 안정적인 환경에서 출현하고, 형태가 작은 해초 종들은 변화가 큰 불안정한 생육지에서 빈번하게 출현하는 경향이 있다(Laugier 등, 1999).

작은 형태의 애기거머리말(*Zostera japonica*)과 다소 큰 형태의 거머리말(*Z. marina*)의 계절 동태에 대한 연구는 온대와 아열대 생육지에서 많은 연구가 수행되었다(Marba 등, 1996; Laugier 등, 1999; Huong 등, 2003). 우리나라의 남해연안은 해초의 종 다양성과 분포 면적이 높으며, 조석차가 큰 리아스식 해안으로 환경 요인이 다양한 특성을 갖고 있다(Lee과 Lee, 2003). 남해연안에서 거머리말은 가장 풍부한 해초로 내만과 섬 지역의 하부 조간대에서부터 수심 5 m까지 출현하며, 작은 패치에서부터 수 km<sup>2</sup>의 넓은 해초지를 형성한다. 애기거머리말은 섬 연안의 하부 조간대에서 얇은 수심의 조하대까지 출현하며, 패치와 소규모의 해초지를 형성한다(Lee와 Lee, 2003). 남해서부 연안에 위치한 해남의 사구미만은 조간대에 애기거머리말이 분포하고 조하대에 거머리말이 단일종으로 분포한다.

해남 사구미 연안 거머리말의 계절특성에 대한 연구는 선행문헌(Ok 등, 2013)에서 보고되었으며 거머리말은 수온, 광량 등 환경변화의 영향으로 뚜렷하게 시간적인 변동이 나타나고, 특히 고수온과 저수온에 의해 생장이 크게 저하되는 것으로 나타났다. 본 연구에서

는 동일지역의 외부환경 요인이 유사한 거머리말과 애기거머리말의 개체생태학적 특징을 비교 분석하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구지역

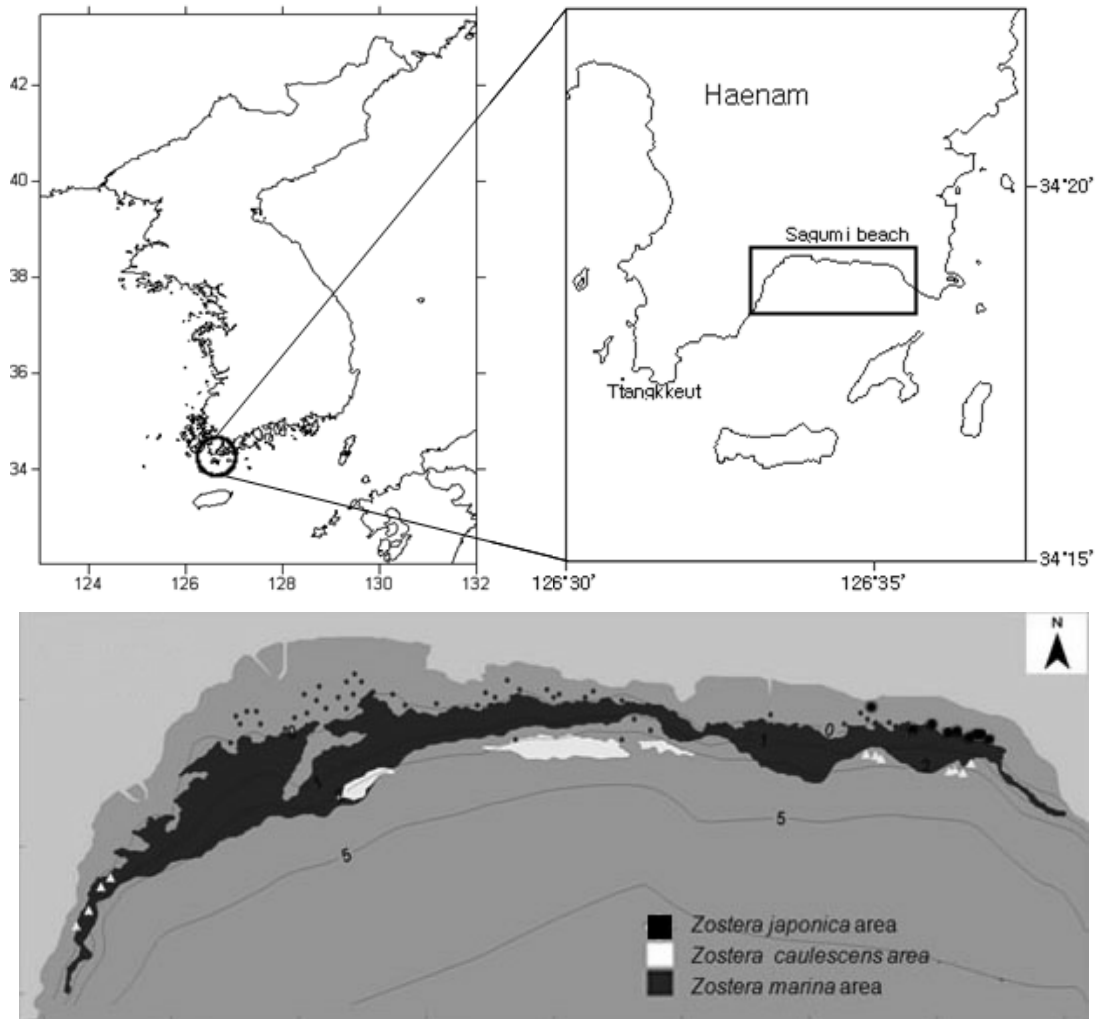
본 연구는 우리나라 남해 서부연안 가장자리에 위치한 전라남도 해남군 송지면 사구미 연안에서 수행하였다(Fig. 1). 사구미만은 남쪽으로 백일도와 흑일도가 가로막고 있어 외해 영향을 적게 받으며, 조석차는 3.5 ~ 4.0 m범위이다. 사구미만은 연안에서 100~500 m까지 조간대가 발달해 있으며, 1.2 km까지 수심 2.0 m미만으로 경사가 완만하게 형성되어 있다. 거머리말(*Zostera marina* L.)은 사질니(평균 5.35φ)의 퇴적환경에서 약 0.75 km<sup>2</sup> 면적으로 하부 조간대에서부터 수심 3.5 m까지 대규모 초지로 분포하였다. 애기거머리말(*Z. japonica* Aschers & Graebn.)은 니질사(평균 2.97φ)의 퇴적환경에서 약 120 m<sup>2</sup>의 면적으로 하부 조간대에서 소규모 패치로 출현하였다.

### 2.2. 환경요인 분석

조사지역의 수온은 수심 0.5 m의 거머리말 해초지 주변에서 Hobo data logger(Onset Computer Corp., Bourne, MA, USA)로 5분 간격으로 측정하였으며, 수중광량은 사구미 모니터링 타워의 수심 0.5 m에 설치된 LI-1400 data logger(LI-COR, Inc., Lincoln, NE, USA)로 5분 간격으로 측정하였다. 측정된 수온자료는 일 자료를 평균하였으며, 수중 광량 자료는 일과 월로 누적하여 추산하였다. 거머리말 해초지의 조위는 2010년 7월부터 2011년 12월까지 사구미 모니터링 타워의 수심 0.5 m에 설치된 YSI-6920 V2(YSI Inc.)로 5분 간격으로 측정된 자료를 분석하였으며, 일조시간은 기상청의 완도 기상월보자료를 이용하였다(KMA, 2013).

### 2.3. 해초 분석

사구미만에 출현하는 거머리말과 애기거머리말의 생육밀도, 생물량, 형태적 특징과 잎 생산성은 2008년 8월부터 2011년 9월까지 매월 측정하였다. 거머리말의 생육밀도와 생물량은 35 cm×35 cm 방형구를 사용하였으며, 애기거머리말은 10 cm×10 cm 방형구를 사용하여



**Fig. 1.** Geographical location of the study area. Location of the Sagumi Bay in the southwestern coast of Korea. Distribution of different seagrasses in the Sagumi Bay.

지상부와 지하부의 모든 조직을 채집하였다. 생육밀도와 생물량 조사에 필요한 시료는 각 생육지에서 3회 채집하였으며, 채집된 해초는 영양지와 생육지로 구분하여 개체수 측정하여 생육밀도를 계산하였다. 각 개체들은 부착생물과 퇴적물을 제거한 후 지상부와 지하부로 분리하여 60℃에서 무게가 일정할 때까지 건조시킨 후 무게를 측정하였다(Lee 등, 2006).

해초 식물체의 형태학적 특징은 각 생육지에서 무작위로 10개체에서 15개체를 채집하여 전체 길이, 엽초 길이, 잎 길이, 잎 너비, 잎의 수, 지하경 직경과 마디간

길이를 측정하였다(Lee 등, 2006).

거머리말의 잎 성장 속도는 10개체에서 15개체의 엽초 상단을 주사바늘로 구멍을 뚫어 표시하고 1개월 후 채집하였다(Zieman, 1974; Lee 등, 2006). 애기거머리말의 잎 성장 속도는 고정 방형구(20 cm×20 cm)를 3개 설치하였으며, 애기거머리말의 잎은 짧고 잎 너비가 매우 작으므로(2 mm 이하) 엽초 상단의 잎을 절단하는 방법을 채택하여 1개월 경과 후 10개체에서 15개체의 식물체를 채집하였다(Hauxwell 등, 2001; Kaldy, 2006; Lee 등, 2006). 채집된 거머리말과 애기거머리말은 오

랜 잎과 새로운 잎으로 구분한 후 길이를 측정하였으며, 60°C에서 무게가 일정할 때까지 건조시킨 후 무게를 측정하였다. 잎의 성장속도(cm shoot<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>)는 새로운 잎의 길이를 측정 한 후 실험 기간을 나누어 계산하였다.

#### 2.4. 통계 분석

측정된 모든 자료는 평균(mean) ± 표준오차(SE)로 나타내었다. 자료 분석과 통계적인 처리는 SPSS(ver. 18)의 프로그램을 이용하였다. 측정된 자료들의 시간적인 변화는 Kruskal-Wallis H 검증을 실시하여 유의성을 판단 하였으며, 중간 측정 번이들의 시간적인 변화에 따른 차이는 Friedman 검증을 실시하여 분석하였다. 환경 요인과 식물체의 생물학적 요인과의 관계는 단순회귀 분석을 수행하였다.

### 3. 결과

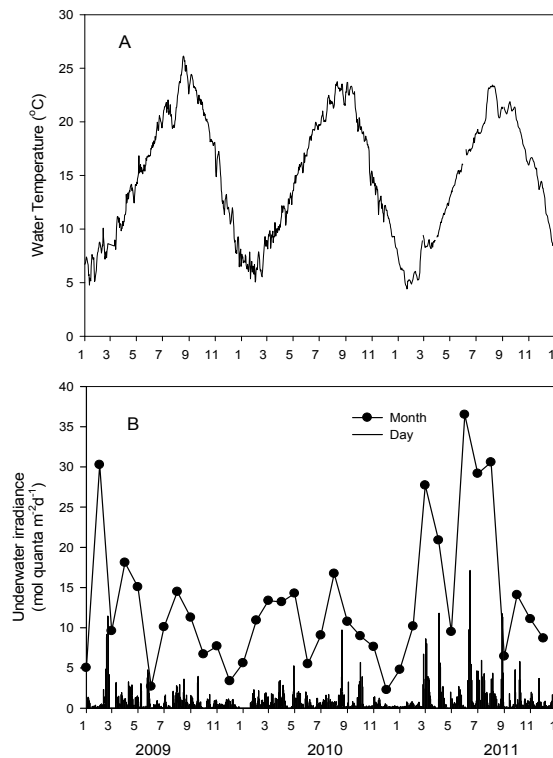


Fig. 2. Seasonal changes in water temperature (A), and daily (solid line) and monthly (solid circle) integrated irradiance (B) measured underwater at 0.5 m below MLLW in Sagumi Bay during the study.

#### 3.1. 환경요인

사구미 만의 수온은 뚜렷한 계절 변화를 보였으며, 일 평균 수온은 4.4°C(2011년 1월) 에서부터 26.1°C(2009년 8월) 범위로 나타났다(Fig. 2A). 조사기간 동안 연간 평균 수온은 2009년(15.5°C)이 2011년(14.4°C)보다 높았다. 수중광량은 1월부터 3월까지 증가하는 경향을 보였으며, 12월에 가장 낮게 나타났다(Fig. 2B). 누적광량은 2011년 6월 (36.51mol m<sup>-2</sup>)에 가장 높았으며, 2010년 12월(0.21mol m<sup>-2</sup>)에 가장 낮게 나타났다. 2009년 6월, 2010년 6월, 2011년 5월에 일시적으로 낮게 나타났으나, 계절적으로 봄과 여름에 높고 가을과 겨울에 낮게 나타났다.

사구미 만에서 거머리말 해초지의 수위(sea level)는 조석에 의한 반일주조로 일조부등 특성을 명확히 보였으며, 2월부터 3월까지 가장 변화가 높게 나타났다(Fig.

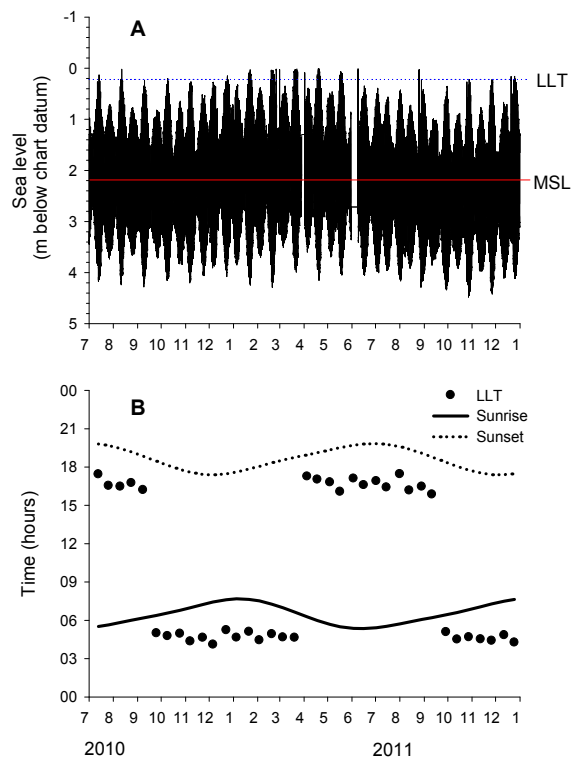


Fig. 3. Seasonal changes of sea level (A) and the lowest low tide (LLT) time (B) at *Zostera marina* bed in the 0.5 m water depth in Sagumi Bay from July 2010 to December 2011.

3A). 최저저조위(lowest low tide, LLT)는 10월부터 3월까지 새벽과 아침 시간에 형성되었으며, 4월부터 9월까지는 저녁과 야간 시간에 형성되었다(Fig. 3B).

수중광량의 변화는 조석에 의한 수위변화와 매우 밀접한 연관이 있으며, 특히 저조위가 발생하는 시간대가 일출과 일몰에 따라 해가 있는 시간대인지 해가 없는 시간대인지에 따라 수중광량은 크게 차이가 난다. 주로 해가 있는 시간대에 저조위가 발생하는 계절은 주로 봄과 여름이며, 이시기에 수중광량이 높다. 해가 없는 시간대에 저조위가 발생하는 계절은 주로 가을과 겨울이며, 이시기에 수중광량이 낮다.

### 3.2. 생육밀도와 생물량

거머리말과 애기거머리말의 생육밀도는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으며( $p < 0.01$ ), 종에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(지상부  $P < 0.01$ ).

거머리말 영양지의 생육밀도는 2월부터 증가하여 5월에 최대값을 보였으며, 겨울에 가장 낮게 나타났다(Fig. 4A). 애기거머리말 영양지의 생육밀도는 4월부터 증가하여 7월과 8월에 가장 높았으며, 2월과 3월에 가장 낮은 값을 보였다(Fig. 4A). 거머리말 생식지는 4월부터 7월까지 출현하였으며, 애기거머리말 생식지는 6월부터 10월까지 출현하였다(Fig. 4B). 사구미 만에서 거머리말의 생식지 출현시기와 생육밀도의 최대 값은 애기거머리말보다 약 2개월 정도 빠르게 나타났다(Fig. 4). 애기거머리말 영양지의 평균 생육밀도는 거머리말보다 약 20배 이상 높았으며, 생식지의 평균 생육밀도는 약 10배 정도 높은 값을 보였다.

거머리말과 애기거머리말의 지상부 생물량과 지하부 생물량은 계절에 따라 유의한 차이를 보였다( $p <$

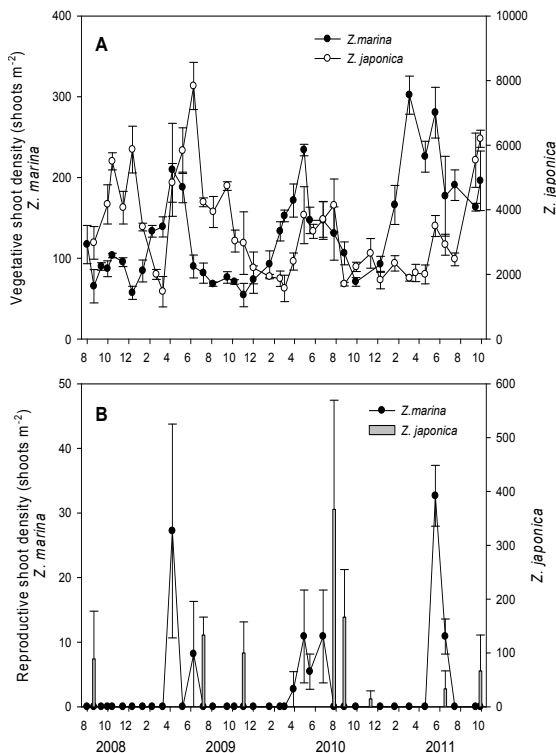


Fig. 4. Seasonal variations in vegetative shoot (A) and reproductive shoot (B) densities of *Zostera marina* and *Z. japonica* in Sagumi Bay from August 2008 to September 2011. Values represent means  $\pm$  SE.

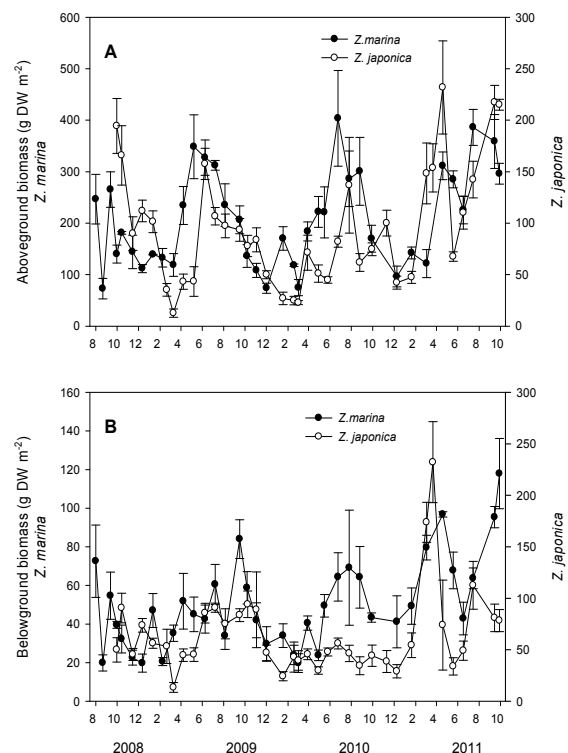


Fig. 5. Seasonal variations in above-ground biomass (A) and below-ground biomass (B) of *Zostera marina* and *Z. japonica* in Sagumi Bay from August 2008 to September 2011. Values represent means  $\pm$  SE.

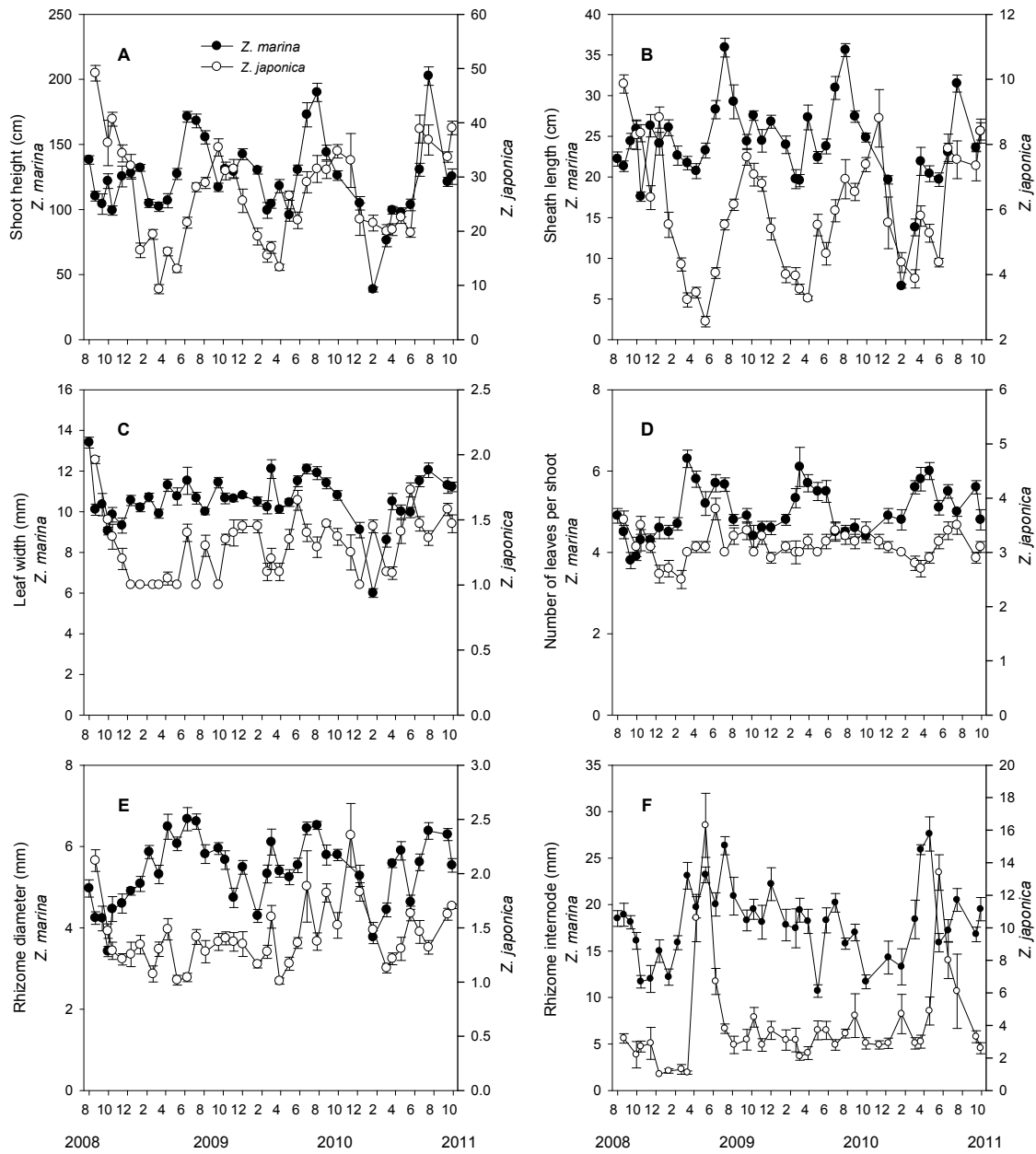


Fig. 6. Seasonal variations in shoot height (A), sheath length (B), leaf width (C), the number of leaves per shoot (D), rhizome diameter (E), and rhizome internode (F) of *Zostera marina* and *Z. japonica* in Sagumi Bay from August 2008 to September 2011. Values represent means  $\pm$  SE.

0.01). 종에 따라 지상부 생물량은 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었으며( $P < 0.01$ ), 지하부 생물량도 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다( $P < 0.03$ ).

거머리말의 지상부 생물량은 4월부터 증가하여 7월에 가장 높게 나타났으며, 겨울에 가장 낮은 값을 보였다(Fig. 5A). 애기거머리말의 지상부 생물량은 5월부터

증가하여 8월에 가장 높게 나타났으며, 1월과 2월에 낮은 값을 보였다(Fig. 5A). 거머리말과 애기거머리말의 지하부 생물량은 명확한 계절적 특성을 보이지 않았으나 여름보다 겨울의 생물량이 낮게 나타났다(Fig. 5B). 거머리말의 평균 지상부 생물량은 애기거머리말보다 약 2배 정도 높게 나타났으나, 지하부 생물량은 애기거머리말이 거머리말보다 높게 나타났다. 연간 거머리말 지상부 생물량의 최대값은 애기거머리말의 최대값 출현시기보다 약 1개월 정도 빠르게 나타났다(Fig. 5A).

3.3. 형태적인 특징과 잎 성장

거머리말과 애기거머리말의 형태적인 특징들(식물체의 길이, 엽초 길이, 잎 너비, 잎 수, 지하경 직경, 지하경 마디간 길이)은 조사시기에 따라 유의한 차이를 보였으며( $P < 0.01$ ), 종에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다( $P < 0.01$ ).

정량적인 형태 특성의 값들은 모두 거머리말이 애기거머리말 보다 유의하게 높았다( $P < 0.01$ ). 두 종의 식물체 길이는 계절에 따라 명확한 차이를 보였으며, 식물체 길이의 최대값은 거머리말이 애기거머리말 보다 약 2개월 빠르게 나타났다(Fig. 6A). 거머리말의 식물체 길이는 7월에 최대값을 보였으며, 애기거머리말의 식물체 길이는 9월에 최대값을 보였다(Fig. 6A). 두 종의 엽초 길이는 식물체 길이와 유사한 계절적인 경향을 보였으며, 겨울에 가장 낮은 값을 보였다(Fig. 6B). 거머리말의 잎 너비는 조사시기에 따라 유의한 차이를 보였으나, 계절적인 경향은 보이지 않았다(Fig. 6C). 반면에 애기거머리말의 잎 너비는 겨울에 가장 낮은 값을 보였으며, 5월과 9월에 최대값을 보였다(Fig. 6C). 식물 개체당 잎 수는 두 종이 계절에 따라 명확한 차이를 보였다(Fig. 6D). 거머리말의 식물 개체당 잎 수는 3월에 가장 높았으며, 애기거머리말은 6월에 가장 높은 값을 보였다(Fig. 6D). 거머리말의 지하경 직경은 계절에 따라 명확한 차이를 보였으나, 애기거머리말은 계절적인 특징이 명확하지 않았다(Fig. 6E). 거머리말의 지하경 직경은 여름에 가장 넓게 나타났으며, 겨울에 가장 낮은 값을 보였다(Fig. 6E). 두 종의 지하경 마디간 길이는 조사시기에 따라 유의한 차이를 보였으나, 계절적인 경향은 보이지 않았다(Fig. 6F). 거머리말의 지하경 마디간 길이는 3월과 4월에 길게 신장하였으며, 애기거머리말은 5

월과 8월에 길게 신장하는 것으로 나타났다(Fig. 6F).

거머리말과 애기거머리말의 잎 성장속도는 조사시기에 따라 유의한 차이를 보였으며( $P < 0.01$ ), 종에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다( $P < 0.01$ ).

개체당 평균 잎의 성장속도는 거머리말이 애기거머리말 보다 약 7배 높은 값을 보였다. 거머리말의 잎 성장속도는 3월부터 증가하기 시작하여 5월에 최대값을 보였으며, 겨울에 가장 낮은 값을 보였다(Fig. 7A). 애기거머리말의 잎 성장 속도는 6월부터 빠르게 증가하여 8월에 최대값을 보였으며, 겨울에 가장 낮은 값을 보였다(Fig. 7B). 거머리말의 잎은 봄에 빠른 성장을 보였으나, 애기거머리말의 잎은 여름에 빠르게 성장하는 것으로 나타났다.

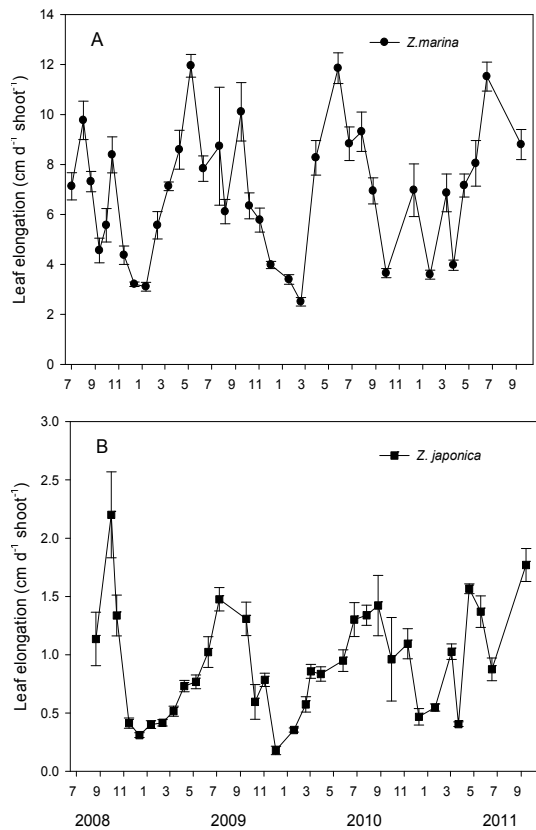


Fig. 7. Seasonal variations in leaf elongation per shoot of *Zostera marina* (A) and *Z. japonica* (B) in Sagumi Bay from August 2008 to September 2011. Values represent means  $\pm$  SE.

### 3.4. 환경요인과 생물학적 요인과의 관계

조사기간 동안 모니터링을 통해 관측한 물리적 환경 요인들과 거머리말과 애기거머리말의 생물학적 요인들과의 관계를 회귀분석 하였다. 거머리말의 경우 수온은 지상부 생물량( $r^2=0.40$ ,  $p<0.01$ ), 지하부 생물량( $r^2=0.21$ ,  $p=0.01$ )과 잎의 성장속도( $r^2=0.46$ ,  $p<0.01$ )에 유의한 값을 보였으며, 수중광량은 생육밀도( $r^2=0.21$ ,  $p=0.01$ )에 유의한 요인으로 작용하였다. 계절에 따른 거머리말의 잎 성장속도는 지상부 생물량( $r^2=0.40$ ,  $p<0.01$ )과 지하부 생물량( $r^2=0.40$ ,  $p<0.01$ )변화에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

애기거머리말의 경우 수온은 지상부 생물량( $r^2=0.25$ ,  $p<0.01$ )과 성장속도( $r^2=0.45$ ,  $p<0.01$ )에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 수중 광량은 애기거머리말의 생물학적 특성들과 유의한 관계를 보이지 않았다. 계절에 따른 애기거머리말의 잎 성장속도는 지상부 생물량( $r^2=0.33$ ,  $p<0.01$ )변화에만 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

## 4. 고 찰

온대 해역의 거의 모든 환경인자들은 명확한 계절분포 양상을 나타내며, 환경인자들은 출현하는 해초들의 계절 특성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Kaldy, 2006; Lee 등, 2006). 특히, 조간대에 생육하는 애기거머리말의 성장은 만조시에는 수온, 영양염과 염분에 영향을 받지만, 식물체의 계절적인 특성은 수중 광량의 계절 분포와 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다(Kaldy, 2006). 반면에 조하대에 생육하는 거머리말의 계절에 따른 생산성은 수온에 의해 제한되어지며, 고수온 또는 저수온 시기에는 감소한다(Kim 등, 2013). 또한 조하대 거머리말의 생산성은 광합성과 수온에 따른 호흡 능력의 균형에 의해 결정되어진다(Lee 등, 2006; Kim 등, 2013).

우리나라 남해 서부연안의 사구미 만에서 애기거머리말의 해초지는 조간대 하부에서 불규칙한 조석 흐름과 대기 노출에 의한 건조 등 열악한 환경 조건에서 출현하였으나, 거머리말의 해초지는 보다 안정적인 환경인 조하대에 넓게 분포하였다. 남해 서부연안의 사구미 만에 생육하는 거머리말과 애기거머리말은 계절에 따

른 변화가 명확하게 나타났으며, 종에 따른 규모와 시기의 차이는 환경요인들의 계절변화에 영향을 받는 것으로 나타났다. 거머리말의 성장과 생물량은 수온과 수중 광량의 계절변화에 민감하게 영향을 받았으나, 광량이 충분한 조간대에 분포하는 애기거머리말의 계절적인 성장 특성은 수온에 밀접한 관계를 보였다. 거머리말 성장의 최고 값은 연간 차이를 보였으나, 애기거머리말 보다 약 2개월 빠르게 나타났다. 거머리말은 수온이 낮고 유입 광이 높은 4월과 5월에 빠르게 성장하는 특성을 보였으며, 애기거머리말은 수온이 증가하는 7월과 8월에 빠른 성장을 보였다. 이러한 결과는 같은 지역에서도 계절에 따른 수온과 광의 변동에 의해 나타나는 생리적 반응이 해초 종에 따라 다른 것으로 나타났다(Marba 등, 1996; Lee 등, 2006). 애기거머리말은 조간대에 생육하기 때문에 조하대의 거머리말보다 계절에 따른 광 변화에 영향을 적게 받는 것으로 나타났다(Kaldy, 2006).

우리나라 남해연안에서 유입되는 표층 광량은 계절 변화가 명확하지만, 조하대에 유입되는 수중 광량은 입사광의 계절 변화보다 일조시간 내 조석에 따른 수위에 영향을 받는 것으로 나타났다(Lee 등, 2004). 사구미 연안에서 일조시간 내에 간조(low tide)시 수위가 낮아지는 시간은 봄과 여름에 증가하였으며, 가을과 겨울에는 감소하는 경향을 보였다. 조하대의 거머리말 해초지에 유입되는 수중 광량은 계절변화 보다 조석에 따른 수위에 영향을 받는 것으로 나타났으며, 수중 광량이 높은 봄에 거머리말은 빠르게 성장하였다. 반면에 광량이 충분한 조간대에 생육하는 애기거머리말은 수중광량과 관계없이 수온이 높은 여름에 빠른 성장을 보였다.

수온의 계절변화는 거머리말과 애기거머리말의 성장에 차이를 보였다. 거머리말의 성장은 3월부터 6월까지 빠르게 증가 하였으며, 평균수온이 25℃ 이상인 8월과 평균수온이 8℃ 이하인 1월과 2월에는 크게 감소하였다. 특히, 조사기간 중 수온이 가장 낮은 2011년 1월 거머리말의 형태적인 특징(식물체의 길이, 엽초 길이, 잎 너비, 지하경 직경)이 급격히 감소하는 이상치를 보였다. 반면에 애기거머리말의 성장은 6월부터 8월까지 빠르게 증가하였으며, 12월부터 3월까지 감소하였다.

선행문헌(Ok 등, 2013)에서 해남 사구미 연안 거머리말의 계절특성은 수온, 광량 등 환경변화의 영향으로 뚜렷하게 시간적인 변동이 나타나고, 특히 고수온과 저



수온에 의해 생장이 크게 저하되는 것으로 나타났다. 본 연구결과에서 애기거머리말은 거머리말의 계절특성과 달리 수중 광량의 변화에 영향을 받지 않았으며, 수온이 높은 여름에 활발한 생장이 이루어지는 것으로 나타났다. 따라서, 같은 지역에서 계절에 따른 환경요인의 변화를 유사하게 받는 거머리말과 애기거머리말의 환경 적응 반응은 종에 따라 유의한 차이를 보였다.

## 5. 결론

우리나라 남해 서부연안의 사구미 만에서 출현하는 거머리말속(*Zostera*, *Zosteraceae*)의 거머리말(*Z. marina* L.)과 애기거머리말(*Z. japonica* Aschers & Graebn)의 개체생태학적 특징을 파악하였다. 사구미 만에서 애기 거머리말은 조석에 따라 환경변화가 큰 조간대에 출현하였으며, 거머리말은 보다 안정된 조하대에 생육하였다. 계절에 따른 환경요인들이 유사한 지역에서 생육하는 해초 종 간의 개체생태학적 특징은 2008년 8월부터 2011년 9월까지 조사하였다. 사구미 만에서 수온은 명확한 계절성을 보였으나, 수중 광량은 조석에 따른 수위에 따라 차이를 보였다. 거머리말의 잎 생산성과 생물학적 특성들의 최고 값들은 애기거머리말 보다 약 2개월 정도 빠르게 나타났다. 거머리말의 개체생태학적 특징들은 5월부터 6월까지 높은 값을 보였으며, 애기거머리말은 7월부터 8월까지 높은 값을 보였다. 조하대 거머리말의 계절에 따른 잎 성장은 수중 광량과 밀접한 관계를 보였으며, 조간대 애기거머리말의 계절 특성은 수온에 영향을 받는 것으로 나타났다. 계절적으로 유사한 생육환경 조건에서도 해초 종간의 계절성은 명확한 차이를 보였으며, 계절적인 외부환경 요인을 해초 종들은 각 종에 따라 다르게 이용하는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

- Duarte, C. M., 1989, Temporal biomass variability and production/biomass relationships of seagrass communities, *Marine Ecology Progress Series*, 51, 269-276.
- Duarte, C. M., 1991, Seagrass depth limits, *Aquatic Botany*, 40, 363-377.
- Hauxwell, J., Cebrian, J., Herrera-Silveira, J. A., Ramirez, J., Zaldivar, A., Gomez, N., Aranda-Cirerol, N., 2001, Measuring production of *Halodule wrightii*: additional evidence suggests clipping underestimates growth rate, *Aquatic Botany*, 69, 41-54.
- Huong, T. T. L., Vermaat, J. E., Terrados, J., Tien, N. V., Duarte, C. M., Borum, J., Tri, N. H., 2003, Seasonality and depth zonation of intertidal *Halophila ovalis* and *Zostera japonica* in Ha Long Bay(northern Vietnam), *Aquatic Botany*, 75, 147-157.
- Jacob, R. P. W. M., 1979 Distribution and aspects of the production and biomass of eelgrass, *Zostera marina* L., at Roscoff, France, *Aquatic Botany*, 7, 151-172.
- Kaldy, J. E., 2006, Production ecology of the non-indigenous seagrass, dwarf eelgrass (*Zostera japonica* Ascher. & Graeb.) in a Pacific Northwest Estuary, USA, *Hydrobiologia*, 553, 201-217.
- Kim, J. B., LEE, W. C., Lee, K. S., Park, J. I., 2013, Growth Dynamics of Eelgrass, *Zostera marina*, in the Intertidal Zone of Seomjin Estuary, Korea, *Ocean Science Journal*, 48(3), 239-250.
- Korea Meteorological Administrate, 2013, <http://www.kma.go.kr>.
- Lee, K. S., Lee, S. Y., 2003, The seagrasses of the republic of Korea, In: Green E. P. Short F. T. Spalding M. D. (EDS), *World Atlas of Seagrasses: Present Status and Future Conservation*, University of California Press, Berkeley, CA, USA, 193-198.
- Lee, K. S., Park, J. I., Chung, I. K., Kang, D. W., Huh, S. H., 2004, Production ecology of the seagrass *Zostera marina* in Jindong Bay, Korea, *Algae*, 19(1), 39-47.
- Lee, S. Y., Kim, J. B., Lee, S. M., 2006, Temporal dynamics of subtidal *Zostera marina* and intertidal *Zostera japonica* on the southern coast of Korea, *Marine Ecology*, 27, 99-186.
- Laugier, T., Rigollet, V., Casabianca, M. L., 1999, Seasonal dynamics in mixed eelgrass beds, *Zostera marina* L. and *Z. noltii* Hornem., in a Mediterranean coastal lagoon(Thau lagoon, France), *Aquatic Botany*, 63, 51-69.
- Marba, N., Cebrian, J., Enriquez, S., Duarte, C. M., 1996, Growth patterns of western Mediterranean seagrass: species-specific responses to seasonal forcing, *Marine Ecology Progress Series*, 133, 203-215.
- Ok, J. S., Lee, S. Y., Shin, K. H., Kim, H. J., 2013, Seasonal variation characteristics of *Zostera marina* in HAENAM SAGUMI on the Southern Coast of Korea,

- Korean Journal of Ecology and Environment, 46(4), 513-523.
- Olesen, B., Sand-Jensen, K., 1994, Biomass-density patterns in the temperate seagrass *Zostera marina*, Marine Ecology Progress Series, 109, 283-291.
- Zieman, J. C., 1974 Methods for the study of growth and production of turtle grass, *Thalassia testudinum* Konig, Aquaculture, 4, 139-143.