「The Sea」 Journal of the Korean Society of Oceanography
Vol. 8, No. 2, pp. 70 — 77, May 2003

# 동해 덕산항에 생육하는 거머리말(*Zostera marina* L.) 개체군의 생물계절학과 형태 변이

이상룡 · 이성미[1] · 김정하 · 최청일[1]
성균관대학교 생명과학과
[1]한양대학교 지구해양과학과

# Phenology and Morphometrics Change of *Zostera marina* L. Population at Duksan Port in the Eastern Coast of Korea

SANG YONG LEE, SUNG MI LEE[1], JEONG HA KIM AND CHUNG IL CHOI[1]
*Department of Biological Science, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746 Korea*
*[1]Department of Earth and Marine Sciences, Hanyang University, Ansan 425-791 Korea*

동해 덕산항에 생육하는 거머리말(*Zostera marina* L.) 개체군의 생물계절학과 형태 변이를 1998년 3월부터 2000년 8월까지 조사하였다. 거머리말의 계절에 따른 생육단계, 생육밀도, 생물량과 환경요인을 비교 분석하였다. 수괴 내 영양염 농도는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으며, 질산염은 하계에 낮았으나, 암모니아는 높은 농도로 나타났다. 거머리말 생육지에서 퇴적물의 유기물 함량은 하계보다 동계에 높게 나타났다. 영양지의 길이는 54.2(3월)~100.0 cm (10월), 생식지의 길이는 97.8(3월)~213.0 cm(7월)범위로 다양하였으며, 생식지는 3월 중순부터 9월초까지 출현하였다. 생식지의 개화는 수온이 12°C부터 시작하여 21°C까지 지속되었으며, 열매 성숙은 수온이 22~25°C범위에서 나타났다. 영구 방형구(0.25 $m^2$) 내의 생육밀도는 38~136(평균 80.3±6.5), 생물량은 190(10월)~922 g dry wt $m^{-2}$(6월)로 계절에 따라 유의한 차이($P<0.01$)를 보였다. 식물체의 형태적 형질과 이화학적 요인들과는 유의한 상관관계를 보이지 않았으나, 계절에 따른 수온의 변화는 거머리말 생식지의 생육단계와 영양지의 생장에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

From March 1998 to August 2000, the phenological and morphometric changes of *Zostera marina* L. were examined at the Duksan Port in the eastern coast of Korea. Morphometric characteristics, phenological stage, shoot density, biomass of *Z. marina* population and environmental parameters were also measured. Nutrient levels in water column varied over the season. Morphometric characteristics of vegetative shoot changed with season; shoot heights ranged from 54.2 cm (March) to 100.0 cm (October). Reproductive shoots appeared from mid-March to early September of which the height was ranged from 97.8 cm (March) to 213.0 cm (July). The flowering phase started at 12°C and the fruit development was resulted up to 21°C. The seed maturing was developed at 22°C–25°C. Shoot density and biomass in permanent quadrate (0.25 $m^2$) were significantly different among seasons ranging from 38 to 136 shoots (mean 80.3±6.5) for shoot density, and 190 g dry wt $m^{-2}$ in October 1998 to 922 g dry wt $m^{-2}$ in June 1998 for biomass respectively. Relationships between shoot morphometrics and physico-chemical parameters were not significantly correlated. Seasonal changes in water temperature seemed responsible for the replacement of reproductive phases and the annual changes of shoot morphometrics in *Z. marina* populations.

**Key words:** Duksan port, Eastern coast of Korea, Phenology, Seagrass, *Zostera marina* L.

## 서 론

해초(잘피, seagrass)는 해수 중에서 생육하면서 성장하며, 꽃을 피우고 수정하여 열매를 형성하는 해산 현화식물이다. 해초는 형태적으로 잎, 줄기, 뿌리, 꽃의 구분이 명확하며, 지하경과 뿌리로 연안 저질에 고착하여 생육한다. 한반도에 생육하는 해초는 거머리말과(Zosteraceae)의 거머리말속(*Zostera*) 5종과 새우말속(*Phyllospadix*) 2종이 자생한다(Miki, 1933). 특히, 거머리말속의 거머리말(*Zostera marina* L.)은 한반도 연안의 전 해역에 분포하며, 조간대와 조하대의 만, 하구, 보초, 석호 등 다양한 생육지에서 출현한다(Lee, 2001; Lee *et al.*, 2002). 한반도에 자생하는 거머리말은 玆山魚譜(정, 1814)에서 진질(녹조대, 錄條帶)이라는 이름으로 형태적인 기술과

*Corresponding author: zostera@dragon.skku.ac.kr

생육 환경에 대해 소개되었으며, Nakai(1911)에 의해 한국에 자생하는 잘피가 처음 보고 되었다. 우리나라에 분포하는 거머리말은 일반적으로 잘피라고 불려지고 있으나, 분포하는 생육지와 이용에 따라 제피, 질피, 지피, 실피, 진저리, 진지리, 당글래이, 물땡기풀 등 다양하게 일컬어지고 있다(Lee, 2001). 이러한 거머리말의 분류학적 체계는 조선식물명집(1949)에서는 가래과의 거머리말, 박(1949)은 가래과의 바다말, 강(1974)은 잘피속의 잘피로 표기되었으나, 정(1957)과 최(1985)에 의해 거머리말과의 거머리말로 분류되었다.

한반도에 자생하는 거머리말은 Miki(1932, 1933)에 의해 분류와 분포가 보고 된 이후, 화학적 성분 조사(박, 1969)와 남해안 생육하는 거머리말의 생태와 화서의 특징(공, 1981; 1982)이 보고되었다. 최근에는 거머리말의 분류(Shin and Choi, 1998; Cho and Boo, 1998), 분포(Lee *et al.*, 2002), 형태 변이(권 등, 2002)와 부착생물과 생물량(허 등, 1998)에 관해보고 되었다. 또한 Lee *et al.* (2002)은 생육지 분포, 생육환경과 형태적인 특성을 보고함으로써 한반도 연안의 다양한 생육지의 분포범위를 확장하였다. 이상과 같이 거머리말의 분류, 분포, 형태적 특성에 대해 연구가 수행되었으나, 생육지에 따른 거머리말의 생물계절학적 특징과 생활사에 대한 연구는 수행되지 않았다.

본 연구는 한반도에 분포하는 거머리말속 생육지의 생태와 생육환경을 파악하기 위한 조사로서 동해 연안의 덕산항에 자생하는 거머리말 개체군을 대상으로 계절에 따른 영양지와 생식지의 형태 변이와 생물계절학적인 특징을 파악하고, 생육밀도와 생물량을 파악하고자 하였다.

## 재료 및 방법

본 연구의 조사 지역은 동해 중부 연안인 강원도 삼척시 덕산항(37°20′44″N, 129°15′48″E)으로 길이 250 m, 폭 100 m 내외의 만에 방파제로 보호된 항구이다(Fig. 1). 항구는 수심 2.5~7.0 m의 범위로 파랑의 영향은 적으나, 수괴의 순환은 원활하게 수행된다. 조석 차는 0.5 m 내외이며, 저질은 사질의 퇴적환경을 나타내었다. 덕산항은 항 내부의 수심 2.5~4.0 m에서는 약 250 $m^2$ 내외의 거머리말 초지가 발달해 있으며, 수심 약 5.0 m 깊이에서는 면적이 10 $m^2$ 내외의 크기가 다양한 포기거머리말의 패치가 분포하고 있다. 덕산항에 생육하는 거머리말과 포기거머리말은 혼재하지 않고, 단일 종으로 분포하였다.

본 연구는 1998년 3월부터 2000년 8월까지 수행하였으며, 필요한 해수, 퇴적물과 식물체들은 SCUBA를 이용하여 직접 채집하였다. 거머리말의 계절에 따른 생육밀도의 변화는 고정 방형구(0.25 $m^2$)를 설치하여 비파괴적인 방법(Dennison, 1990)으로 영양지(vegetative shoot)와 생식지(reproductive shoot) 수를 직접 계수하였다. 형태 분석에 필요한 식물체는 고정 방형구 주변의 거머리말 초지에서 무작위로 선택하여 지하부까지 채집하였다. 채집된 영양지는 성숙한 10~20 개체를 선택하여 식물체의 길이, 잎 길이, 엽초 길이, 잎 너비와 개체당의 잎 수를 측정하였다. 생식지는 4~6 개체를 선택하여 식물체의 길이, 가지 수, 불염포 및 육수화서의 길이를 관찰하였다. 생물량은 1998년 3월부터 1999년 3월까지 고정 방형구 주변의 거머리말 초지에서 2~4개의 방형구(35×35 cm) 내 지상부의 식물체를 모두 채집하여 분석하였다. 채집된 식물체는 부착된 부착 생물과 퇴적물을 완전히 제거하여 수돗물로 세척한 후 60°C의 건조기에서 24시간 이상 건조하여 단위면적당 건중량(g dry wt. $m^{-2}$)으로 나타내었다. 또한 영양지와 생식지의 지상부 5~10개체를 채집하여 거머리말 개체의 지상부 건중량(g dry wt. $shoot^{-1}$)을 측정하였다.

해수의 수온, 염분은 현장에서 염분계(YSI, M-33)를 사용하여 측정하였으며, 해수의 무기영양염($NH_4^+$, $NO_3^-$와 $PO_4^-$) 농도는 Parsons *et al.*(1989)의 방법에 따라 측정하였다. 퇴적물 시료는 SCUBA 잠수를 통해 PVC hand corer(직경 7 cm, 길이 50 cm)로 채집하여 퇴적물조성과 입도분포, 강열감량(550°C) 방법에 의한 유기물함량을 측정하였다.

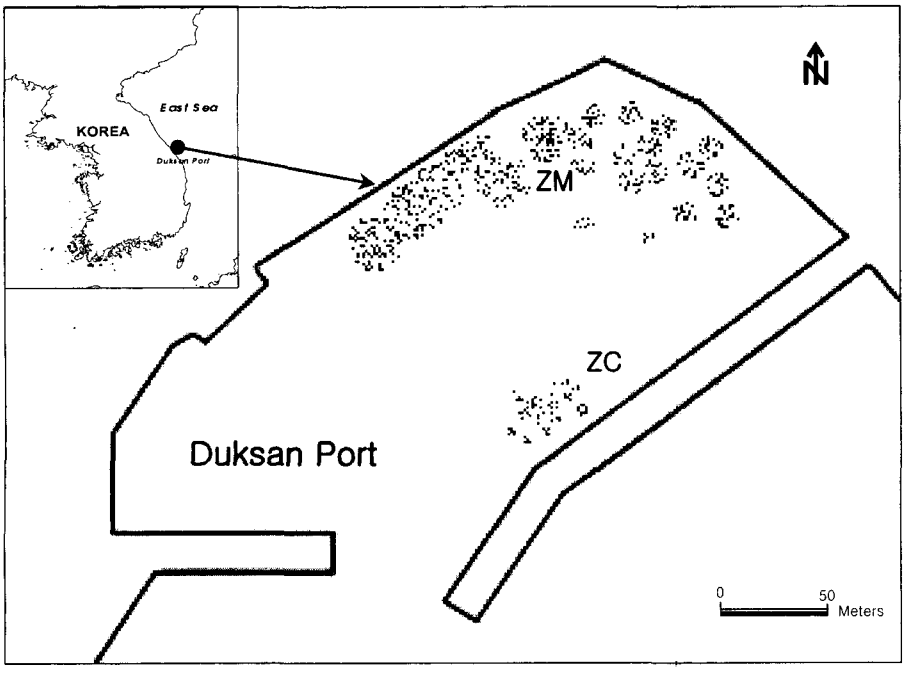


**Fig. 1.** Seagrass sampling sites in Duksan Port. ZM; *Zostera marina* L. bed and ZC; *Z. caespitosa* Miki patches.

측정된 형태자료들은 계절에 따른 형태적인 변이를 one way ANOVA($P<0.05$)를 사용하여 분석하였으며, 측정된 정량적인 값들은 평균과 표준 오차로 나타내었다. 측정된 형태적 특징과 환경요인간의 관계를 파악하기 위해 상관분석(SPSS, ver. 10)을 수행하여 각 요인들 간의 유의성($P<0.01$)을 평가하였다.

## 결 과

### 환경요인

조사기간 동안 덕산항의 수온 분포는 9.0~23.0°C의 범위로 나타났으며, 온대 연안의 계절적인 특성을 명확히 보였다(Fig. 2). 1999년의 월별 수온의 변화는 1월부터 급격히 감소하여 3월 초에 가장 낮았으며, 4월부터 상승하여 7월에 가장 높았다. 염분은 31.7~33.6‰의 범위로서 8월에 가장 낮았으며, 3월에 가장 높았다(Fig. 2). 조사기간 동안 염분은 7월과 8월의 장마기에 육지에서 유입되는 강우의 영향으로 낮았으나, 다른 계절에는 염분의 변화가 크게 나타나지 않았다.

1998년 3월부터 1999년 12월까지 측정된 무기영양염의 농도 분포를 월별로 비교한 결과 계절에 따라 유의한 변화를 보였다(Fig. 3). 질산염($NO_3^-$)의 농도는 1.1~13.1 μM의 범위로서 4월에 가장 높았으며, 하계에는 농도가 감소하였다. 그러나 암모니아($NH_4^+$)의 농도는 0.26~24.0 μM의 범위로 하계에 증가하였다. 인산염($PO_4^-$)의 농도는 0.12~1.61 μM로 춘계부터 하계까지 감소하는 경향을 보였다.

거머리말 생육지의 퇴적물 조성은 사질(sand)이 96~99%의 범위로 평균입도는 2.1~2.3 Φ(phi)의 분포를 보였다. 1998년 7월부터 1999년 12월까지 조사된 거머리말 생육지의 퇴적물 내 유기물 함량은 1999년 7월에 가장 낮았으며, 1999년 1월에 가장 높게 나타났으며, 계절에 따른 유의한 차이($P<0.01$)를 보였다(Fig. 4).

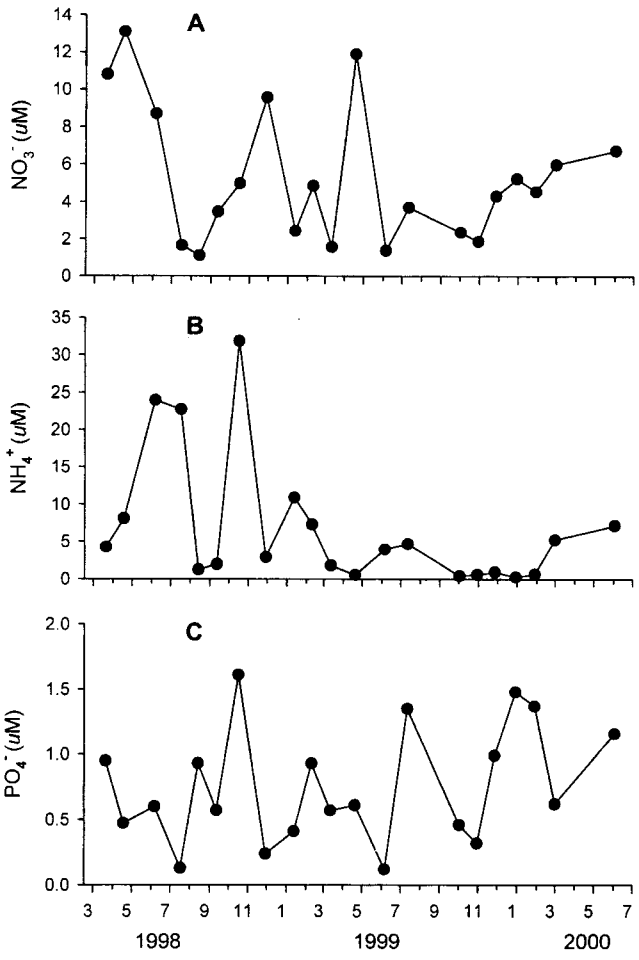


**Fig. 3.** Concentration of dissolved inorganic nitrate(A), ammonia(B) and phosphate(C) in Duksan Port from March 1998 to June 2000.

### 영양지 특성

거머리말은 자웅동주(monoecious)이며, 영양지와 생식지가 형태적으로 차이를 보이는 이형성(dimorphism)의 특징을 갖는다. 측정기간 동안 영양지의 형태적인 특징들은 계절에 따라 유의한 차이를 보였다($P<0.01$). 덕산항에 생육하는 거머리말의 식물체 길이, 잎 길이와 엽초 길이는 1999년 3월에 최소 값인 54.2±2.7 cm, 41.4±2.5 cm와 13.1±0.4 cm로 각각 나타났으며, 1999년 9월에 100.0±3.5 cm, 79.6±3.8 cm와 20.1±0.5 cm로 최고 값을 보였다(Fig. 5A). 지하경의 마디 간 길이는 7.2±0.8 mm(2000년 1월)에서 23.9±1.3 mm(1999년 7월)의 범위를 보였으며, 측정기간 동안 유의한 차이($P<0.05$)를 보였다(Fig. 5B). 영양지의 잎 너비는 6.7±0.2 mm(1998년 4월)에서 10.8±0.2 mm(1999년 7월)의 범위로 하계에 다소 높은 것으로 나타났다(Fig. 5C). 영양지의 개체 당 잎 수는 3.0±0.2(1999년 4월)에서 5.5±0.2(2000년 8월)의 범위로 나타났다(Fig. 5D).

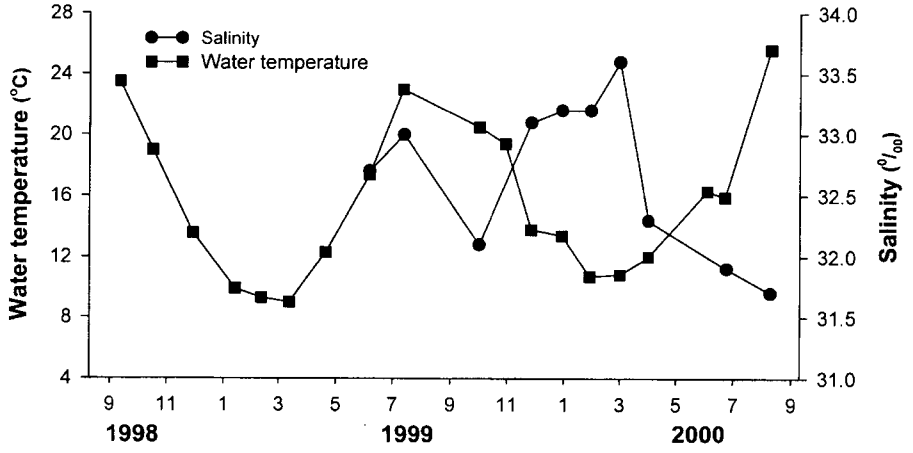


**Fig. 2.** Monthly changes of water temperature and salinity in the *Zostera marina* habitat in Duksan Port.

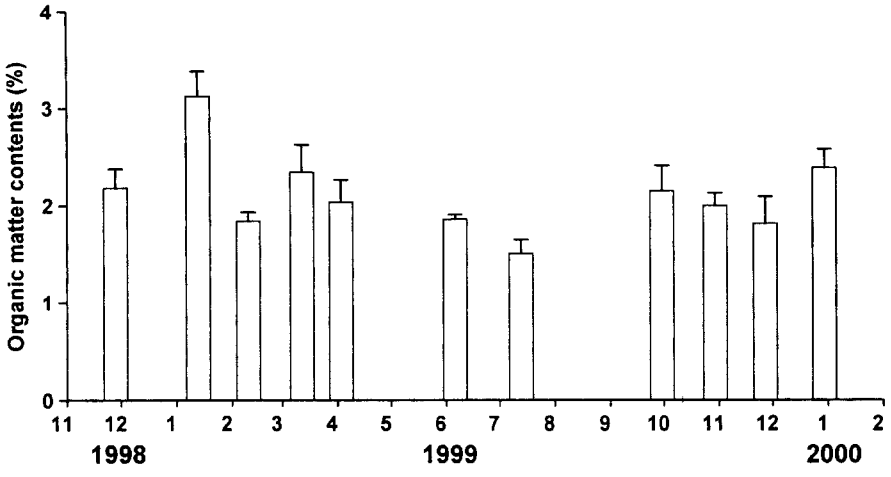


**Fig. 4.** Variation of organic matter contents in sediment of *Zostera marina* bed in Duksan Port.

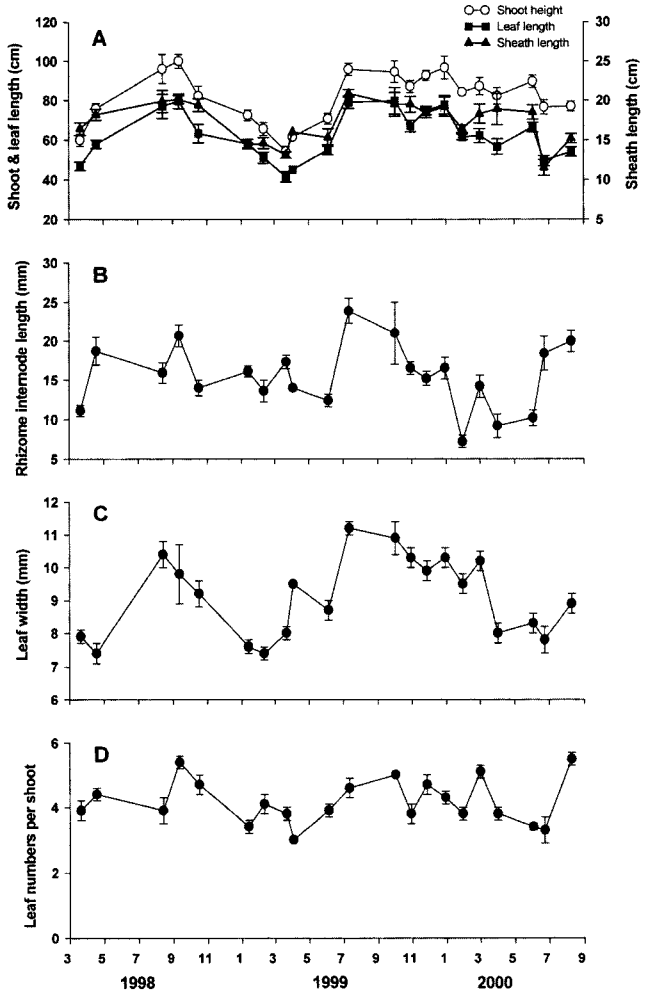


**Fig. 5.** Seasonal variations of mophometric characteristics (A; shoot height, leaf length and sheath length, B; rhizome internode length C; leaf width and D; leaf numbers per shoot) of *Zostera marina* populations in Duksan Port.

덕산항에서 거머리말 영양지의 형태학적 형질의 연간 변화는 1998년의 경우 식물체 길이, 잎 길이와 엽초의 길이는 3월보다 10월에 길게 신장하는 것으로 나타났다($P<0.01$). 잎 너비는 3월에 최고값을 보였으며, 최소값은 4월에 나타났다. 지하경의 마디 간 길이는 3월에 가장 짧았으며, 4월에 길게 신장하는 것으로 나타났다.

1999년의 경우 거머리말 영양지의 식물체 길이와 잎 길이는 2월과 3월보다 7월부터 12월까지 유의하게 큰 것으로 나타났다($P<0.01$). 엽초 길이와 잎 너비는 3월에 최소 값을 보였으며, 최대 값은 7월에 나타났다. 지하경의 마디 간 길이는 계절에 따른 유의한 차이($P=0.48$)를 보이지 않았다.

2000년의 경우 8월까지의 조사결과 영양지의 식물체 길이는 계절에 따른 차이($P=0.94$)가 나타나지 않았으나, 지하경의 마디 간 길이, 엽초 길이와 잎 너비 등은 계절에 따른 차이($P<0.01$)를 보였다.

덕산항에 생육하는 거머리말 영양지의 외부형태학적 형질들 조사기간 동안 연간 차이를 보였으나, 계절성은 유사한 것으로 나타났다($P<0.05$).

## 생식지 특성

거머리말의 생식지와 영양지는 지하경에 의해 연속적으로 서로 연결되어 레이멧(ramets)을 형성하며, 생식지는 지하경의 가장자리에서 출현하고 직립하는 줄기(stem)와 화축 가지(floral axis)로 구성된다. 화축 가지들은 줄기를 따라 호생(alternate)으로 배열하며, 화축은 한개 이상의 육수화서(spadix)를 가진 불염포와 잎으로 구성되어 있다. 육수화서는 불염포(spathe)로 쌓여 있으며, 암꽃과 수꽃이 종축을 따라 호생 배열하는 특징을 나타낸다. 조사기간 동안 덕산항에 생육하는 거머리말의 생식지는 3월 중순부터 9월초까지 출현하였으며, 화축은 생식지의 줄기를 따라 식물체의 기저부에서부터 생장하여 발달하였고, 육수화서는 출현 후 1~2개월 내에 열매가 되었다. 조사 기간 동안 생식지는 1998년의 경우 4월 중순부터 9월초까지, 1999년의 경우 3월부터 7월까지, 2000년의 경우 4월부터 8월까지 출현하였다.

생식지의 식물체 길이는 1999년 3월에 97.8±14.8 cm로 가장 작았으며, 1998년 7월에 213.0±12.3 cm 가장 크게 성장하였다. 개체 당 분지한 가지 수는 1.3~6.0개였으며, 불염포의 수는 3.3~31.8개의 범위로 나타났다(Table 1). 연간 수온의 변화에 따른 생식지의 출현을 파악한 결과 생식지는 수온이 9.0°C에 처음 출현하였으며, 수온이 12.0~21.0°C 범위에서는 생식지가 길게 성장하고

**Table 1.** Percentage of reproductive shoots, and number and size of reproductive structures of *Zostera marina* L. in Duksan Port.

| Date | Reproductive shoot(%) | Shoot height(cm) | Branch/ shoot(#) | Spathes/ shoot(#) | Spathe size(cm) | Water temperature(°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| April 18, 1998 | 20.9 | - | - | - | - | 13.6 |
| June 6, 1998 | 41.8 | 184.3±12.3 | 4.3±1.3 | 19.0±5.3 | 7.5±0.2 | 15.5 |
| July 17, 1998 | 23.5 | 213.0±12.3 | 6.0±0.3 | 31.8±2.3 | 6.9±0.1 | 21.2 |
| August 14, 1998 | 16.8 | - | - | - | - | 24.0 |
| September 12, 1998 | 6.7 | 140.7±30.6 | 4.0±0.6 | 9.0±5.0 | 3.4±0.7 | 23.5 |
| March 12, 1999 | 4.8 | 97.8±14.8 | 1.3±0.3 | 3.3±1.2 | 7.4±0.5 | 9.0 |
| April 20, 1999 | 17.8 | - | - | - | - | 12.3 |
| June 6, 1999 | 11.6 | 106.5±11.0 | 4.3±0.3 | 12.7±1.8 | 6.3±0.2 | 17.4 |
| July 12, 1999 | 17.2 | 129.7±4.4) | 3.7±0.2 | 15.3±1.5 | 5.3±0.1 | 20.7 |
| April 1, 2000 | 5.3 | 129.0±4.3 | - | - | 5.0±0.2 | 12.2 |
| May 30, 2000 | - | 184.9±11.7 | 4.7±0.4 | 8.7±1.0 | 7.3±0.1 | 15.5 |
| June 23, 2000 | - | 184.1±4.3 | 4.4±0.2 | 6.7±0.7 | 6.6±0.1 | 16.7 |
| August 10, 2000 | - | 144.0±14.4 | 3.6±0.4 | 14.4±1.8 | 5.4±0.2 | 25.6 |

분지한 화축과 불염포의 수가 증가하였다 . 수온의 범위가 22.0~25.0°C일때 생식지 기저부의 불염포와 화축이 탈락하고, 식물체가 쇠퇴한 후 탈락하였다(Table 1).

### 생육밀도와 생물량

조사기간 동안 덕산항의 영구 방형구에서 생육하는 거머리말의 생육밀도는 계절과 연 간 변이($P<0.01$)를 보였다. 방형구 내(0.25 $m^2$)의 생육밀도 변화는 1998년 4월의 38 개체에서부터 2000년 4월의 136개체(평균 80±6.5개체)까지 다양하게 출현하였다. 영구 방형구(0.25 $m^2$)에서 1998년의 평균 생육밀도는 59.6±7.2개체, 1999년에는 79.9±7.1개체, 그리고 2000년의 생육밀도는 123.0±6.6 개체로 평균 생육밀도는 증가하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 장기간 영구 방형구에 축적되어 높아진 퇴적물에 존재하는 지하경이 방형구 틀에 의해 외부 확산(propagation)이 제한되고, 방형구 내에서만 분지하였기 때문에 생육밀도가 증가 한 것으로 판단되었다. 그러나, 방형구 주변의 거머리말 개체군에서도 생육밀도가 높게 나타났기 때문에 명확한 원인은 파악하지 못하였다.

계절에 따른 생육밀도의 변화는 1999년의 경우 1월부터 4월까지 감소하였으나 6월부터 증가하기 시작하여 10월에 급격히 증가하였다. 계절에 따른 생육밀도의 변화는 영양지의 출현과 밀접한 관계를 보였으며, 4월부터 8월까지는 생식지의 출현이 생육밀도 변화에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Fig. 6). 생식지가 출현하는 기간 동안 방형구 내 생식지의 출현 비는 1999년 3월에 4.8%로 가장 낮았으며, 1998년 6월에 41.8%로 가장 높게 나타났다.

거머리말 영양지의 개체 당 지상부 평균 건중량은 1.62±0.12(0.92 2.73) g dry wt. $shoot^{-1}$이었으며, 생식지의 경우 2.59±0.45(1.19 ~5.13) g dry wt. $shoot^{-1}$의 값을 보였다. 영양지의 건중량은 잎수와 식물체의 길이에 따라 차이가 나타났으며, 생식지의 경우 식물체의 발달정도에 따른 길이, 가지 수, 육수화서를 가진 불염포의 수와 열매의 성숙에 따라 차이가 다양하게 나타났다. 계절에 따른 영양지의 개체 당 지상부 건중량 변화는 1999년의 경우 1월에 1.44±0.14 g dry wt. $shoot^{-1}$로 가장 낮았으며, 최고 값은 11월에 2.43±0.31 g dry wt. $shoot^{-1}$로 나타났다(Fig. 7).

덕산항의 거머리말의 생물량은 190(10월)~922 g dry wt $m^{-2}$(6월)의 범위로 나타났으며, 계절적인 변이($p<0.01$)를 보였다(Fig. 8). 특히, 생식지가 출현한 시기에는 생식지의 생물량이 전체 생물량의 11.2(9월)~73.5%(6월)를 차지하였다.

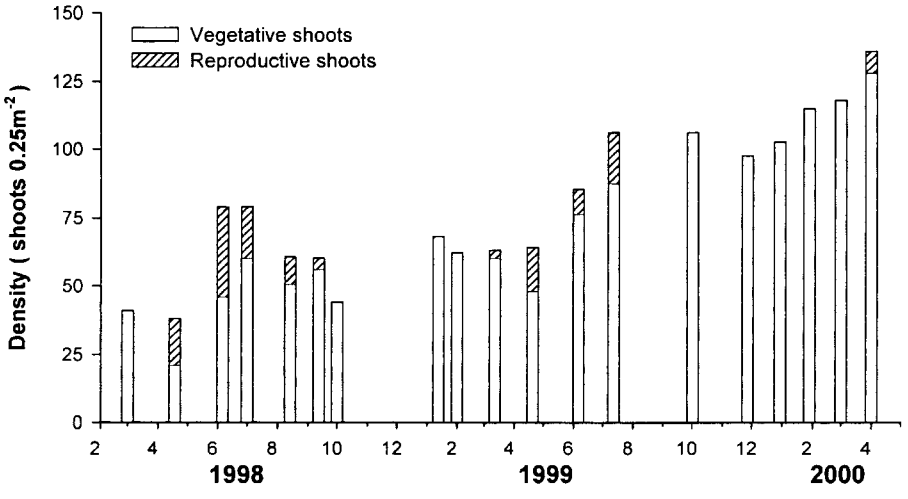


**Fig. 6.** Seasonal changes in shoot density of *Zostera marina* population from the permanent plots of Duksan Port.

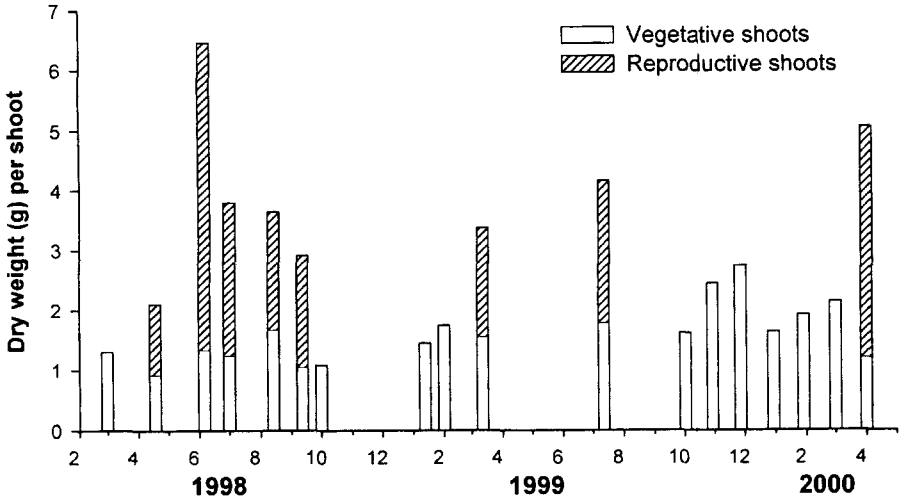


**Fig. 7.** Seasonal changes in shoot biomass of *Zostera marina* in Duksan Port.

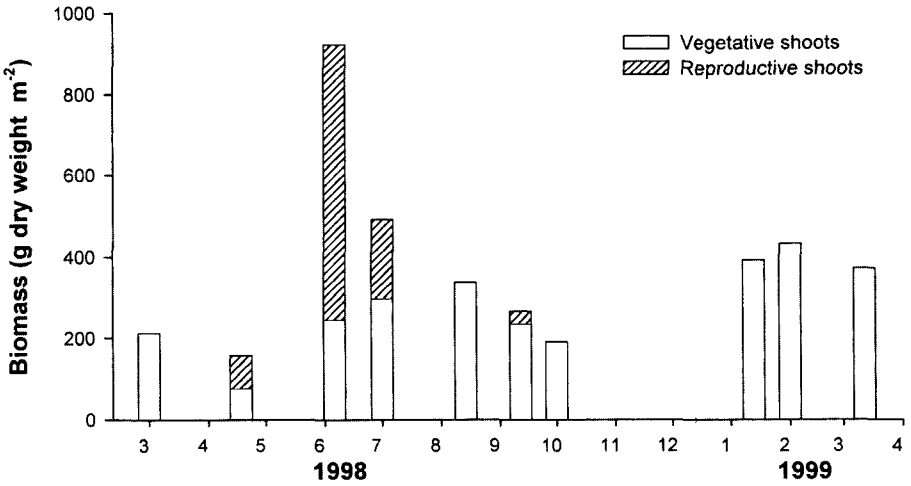


**Fig. 8.** Seasonal changes in biomass of *Zostera marina* populations in Duksan Port.

### 환경요인과 형태 형질과의 관계

1999년에 조사된 거머리말 영양지의 형태 형질과 환경요인간의 상관성을 분석한 결과 형태 형질들은 계절에 따른 형태 변이가 강한 정 상관관계를 나타내었으나, 형태 형질과 환경요인들과는 유의한 상관성이 나타나지 않았다. 인산염의 농도는 식물체의 길이(r=0.47) 및 잎 길이(r=0.47)와 약한 정 상관관계로 나타났다. 퇴적물 내 유기물의 함량은 영양지의 형태 형질과 약한 역 상관관계를 나타내었다.

1999년 1월부터 2000년 1월까지 조사된 수온 자료와 거머리말 영양지의 길이를 비교한 결과, 계절에 따른 영양지 길이의 변화는 증가, 감소와 정체의 순환적인 형태의 생육단계로 구분되었다(Fig. 9). 영양지의 길이는 1월부터 3월까지 급격히 감소하였으며, 4월부터 7월까지 빠르게 증가하였다. 반면에 8월부터 10월까지 영양지의 길이는 감소하였으며, 10월부터 12월까지 명확한 차이를 나타내지 않았다. 이 같은 결과는 거머리말이 수온에 따라 형태적인 차이가 나타나는 것이 아니라 계절에 따른 수온의 변화(예; 감소에서 증가 기간 또는 증가에서 감소 기간)에 따라 영양지 길이가 달라지는 것으로 나타났다.

## 고 찰

거머리말은 동해연안의 내만과 항구뿐만 아니라 담수가 유입되는 석호(lagoon)와 같이 파랑의 영향이 적은 조하대에서 생육하는 것으로 보고 되었다(이 등, 2001). 또한 남해연안에서는 제주도를 포함한 도서 지역과 연안의 내만의 하부 조간대에서부터 수심 깊은 조하대까지 분포하며, 서해안의 경우 조석의 영향이 적은 연안의 조간대하부와 섬의 조하대 지역에서 출현하는 것으로 보고 나타났다. 한반도에 분포하는 거머리말은 각 연안의 특성과 생육지의 환경에 따라 다양한 형태변이를 보였다(Lee *et al.*, 2002). 한반도에 분포하는 거머리말 영양지의 형태적인 특징은 단협엽형(短狹葉形)과 장광엽형(長廣葉形)의 형질로 구분되며, 덕산항에 생육하는 거머리말은 장광엽형의 특성을 보였다(권 등, 2002). 조사기간 동안 덕산항의 영양지는 년 중 지속적으로 나타났으며, 생식지는 3월 중순부터 9월까지 출현하였다. 종자의 아생(芽生, seedling)은 관측되지 않았으며, 지하경의 발달과 측지(lateral shoot)의 출현에 의해 초지를 형성하는 다년생의 습성(perennial habit)을 보였다. 또한 덕산항에서 나타난 장광엽형의 영양지 특징은 생육지

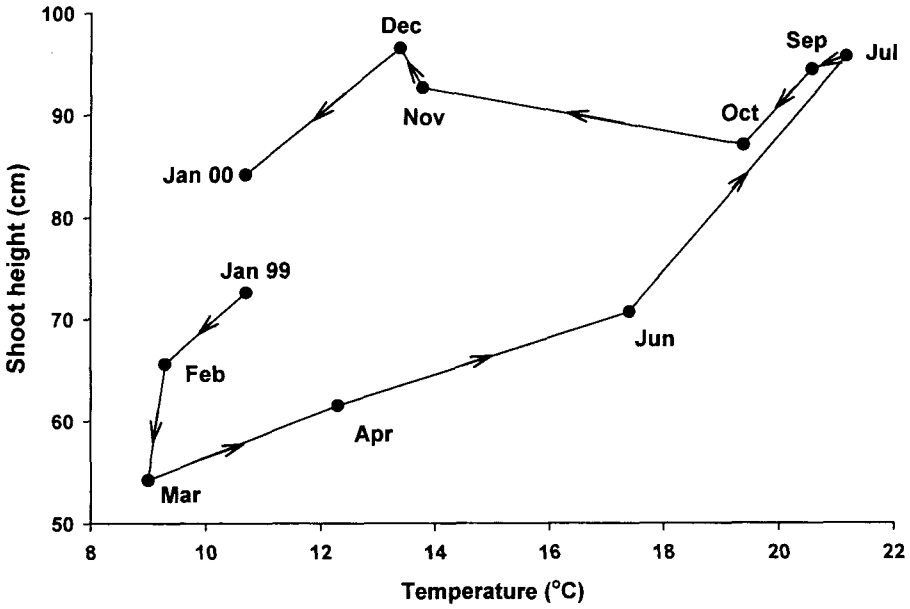


**Fig. 9.** Relationship between shoot height of *Zostera marina* and water temperature in Duksan Port from January 1999 to January 2000.

의 수심, 수괴의 영양염 농도, 퇴적물의 입도 조성과 유기물 함량 등 환경요인의 영향(권 등, 2002)에 의한 것으로 보고 되었으나, 영양염 농도와 퇴적물내의 유기물 함량은 계절에 따른 영양지의 형태 변이와는 상관관계가 유의하지 않은 것으로 나타났다.

덕산항에 자생하는 거머리말 영양지의 식물체 길이는 계절에 따른 수온변화에 따라 생육단계가 차이나는 것으로 나타났으며, 이러한 생육 단계는 계절 순환(cycle) 형태를 보였다(Fig. 9). 거머리말의 생육단계는 영양지의 생장과 생식지의 출현 양상에 따라 생장기(10~15°C), 생식기(15~20°C), 고온 쇠퇴기(20°C 이상), 그리고 저온 쇠퇴기(10°C이하)로 구분되며(Setchell, 1929), 덕산항의 영양지의 경우 유사한 생육단계를 나타내었다. 또한 남해 연안의 광양만에서는 동계에 잎의 생장이 낮게 나타났으며(허 등, 1998), 충무 한실포에서도 수온이 낮은 2월에 쇠퇴기의 특성을 나타내었다(공, 1981). 충무 한실포에서 출현한 거머리말의 영양지 길이는 9월에 20~29 cm 개체군이 우점적으로 분포하였으며, 5월에 130~139 cm 개체군과 340~349 cm 개체군이 우점하여 나타났다(공, 1981). 광양만에 생육하는 거머리말의 길이는 6월과 7월에 130~201 cm의 범위로 최대였으며, 10월과 11월에 47~80 cm의 범위로 가장 낮은 값을 보였다(허 등, 1998). 그러나, 남해의 광양만과 한실포의 결과는 영양지와 생식지가 구분되지 않아 동해 덕산항에 생육하는 거머리말 개체군과 영양지의 길이의 계절에 따른 특성을 비교할 수 없었다.

덕산항에 생육하는 거머리말 생식지는 3월 중순부터 생식지가 출현하기 시작하여 4월부터 7월초까지 육수화서가 출현하여 생장하고 열매가 성숙하였으며, 7월 중순에는 생식지 기저부의 불염포와 분지한 가지가 탈락하였다. 남해안 충무에 생육하는 거머리말의 경우 2월부터 생식지가 출현하여 4월에 육수화서가 발달하고, 5월부터 6월초까지 열매가 성숙한 후 탈락하는 것으로 보고 되었다(공, 1982). 남해안의 충무 생육지와 동해안의 덕산항 생육지에서 생식지의 특성을 비교해 보면 덕산항에서 생식지의 출현과 생육단계가 한달 정도 늦은 것으로 나타났다. 북태평양의 고위도(54°N)에 생육하는 거머리말 초지의 경우 수온이 3월에서 7월까지 생식지가 출현하는 것으로 보고 되었으나(Phillips *et al.*, 1983), 태평양 연안에 생육하는 거머리말 군집의 경우 생식지의 출현 시기는 4~6월에 출현하는 것으로 보고 되었다(Walker *et al.*, 2001). 이와 같이 거머리말 생식지의 출현과 생육단계는 위도에 따라 선택적으로 적응하며, 같은 위도의 다른 생육지에서는 수온에 의해 조절된다고 보고하였다(Phillips *et al.*, 1983). 또한 같은 생육지에 분포하는 거머리말의 경우 얕은 수심보다 깊은 수심에서 생식지가 빠르게 출현하고 장기간 지속하는 것으로 보고하였다(Meling-Lopez and Ibarra-Obando, 1999).

덕산항에서 거머리말 초지보다 깊은 수심에 분포하는 포기거머리말(*Zostera caespitosa* Miki) 초지의 경우 수온이 하강하는 1월부터 생식지가 출현하기 시작하여 4월초까지 지속된 후 탈락하였다. 깊은 수심의 포기거머리말 생식지의 출현과 생육단계는 거머리말 생식지의 생식전략과 명확히 구분되어 나타났다(이 등, 2002b).

덕산항에서 거머리말 개체군은 영구 방형구 내에서 평균 생육밀도는 152~544 shoots $m^{-2}$ 범위로 나타났으며, 충무 한실포에서는 4~25 shoots $m^{-2}$ 범위로 낮은 생육밀도를 보였다. 덕산항의 경우 1998년보다 1999년과 2000년의 평균 생육밀도가 높았으며, 방형구 주변의 거머리말의 패치 면적도 증가하였다. 일본의 경우 거머리말의 생육밀도는 10~540 shoots $m^{-2}$ 범위로 출현 생육지와 계절에 따라 다양하게 나타났다(Nakaoka and Aioi, 2001). 노르웨이의 Hopavage lagoon(63°35′65″N, 9°32′80″E)의 수심 1~1.5 m의 거머리말 생육지에서는 생육밀도가 2,700 shoots $m^{-2}$ 이하로 출현하였으며(Duarte *et al.*, 2002), 멕시코의 California 만에 생육하는 거머리말의 경우 평균 생육밀도는 얕은 수심(2 m 내외)에서 1,622±425 shoots $m^{-2}$, 깊은 수심(5 m)에서는 476±174 shoots $m^{-2}$로 차이를 보였다(Meling-Lopez and Ibarra-Obando, 1999). California 만의 경우 얕은 수심에서 높은 생육밀도를 나타낸 거머리말 개체군의 식물체 크기는 14±2.9 cm로 개체가 작고, 깊은 수심에서는 54±2.9 cm로 길게 신장한 것으로 나타났다. 이상과 같은 수심에 따른 거머리말 크기의 차이는 빛의 이용도에 따른 결과로 식물체의 길이가 생육밀도에 영향을 미치는 것으로 나타났

다(Dennison and Alberte, 1986).

덕산항의 생물량은 190~922 g dry wt $m^{-2}$의 범위로 유의한 계절적 변이를 보였으며, 생식지가 출현하는 계절에는 생식지의 생물량이 전체 생물량의 11.2~73.5%를 차지하였다. 남해 광양만의 생물량은 36~226 g dry wt $m^{-2}$의 범위로 덕산항 보다 낮게 나타났다(허 등, 1998). 덕산항과 광양만의 생물량은 6월과 7월에 생식지가 출현하는 시기에 높았으며, 10월과 11월에 낮게 나타났다. 일본에 자생하는 거머리말의 생물량은 10~678 g dry wt $m^{-2}$의 범위로 생육지와 계절에 따라 다양한 분포를 보였으며, 최대 생물량은 4월부터 8월에 분포하였다(Nakaoka and Aioi, 2001). 세계적으로 광범위하게 분포하는 거머리말의 최대 생물량은 New York의 생육지에서 250~2,060 g dry wt $m^{-2}$의 범위까지 출현하였으며, Alaska에서도 186~1,840 g dry wt $m^{-2}$의 범위까지 나타나는 것으로 보고 되었다(Zieman and Wetzel, 1980).

결론적으로 본 연구는 동해 덕산항에 생육하는 거머리말 개체군의 생물계절학적 특징과 형태변이를 비교 분석하였다. 거머리말 개체군은 계절에 따라 생식지의 출현과 생육단계가 구분되었으며, 영양지의 형태 형질도 계절에 유의한 차이를 나타내었다. 거머리말의 생육밀도와 생물량은 밀접하게 관계하였으며, 수온의 변화, 생식지의 출현과 발달정도에 의해 생육밀도와 생물량 차이를 보였다. 동해 덕산항의 거머리말 개체군은 온대 지역의 생물계절학적인 특징을 명확히 나타내었으며, 남해 연안에 생육하는 거머리말의 개체군과 는 형태 특징, 생육밀도, 생물량과 생식지의 생물계절학적 특징이 다르게 나타났다.

## 감사의 글

본 연구에 도움을 주신 삼척 민스포츠의 장일웅사장님과 자료 채집과 시료분석에 도움을 주신 한양대학교 지구해양과학과의 민원기, 권천중, 지해근군께 진심으로 감사드리며, 본 논문을 성심 성의껏 살펴보고 문제점을 지적해주신 두 분 심사위원께도 감사드립니다.

## 참고문헌

강제원, 1974. 해산식물학. 대한교과서 주식회사, 497 pp.

공영삼, 1981. 충무 한실포에 있어서의 잘피의 생태. 통영수대 논문집. **16**: 1–7.

공영삼, 1982. 잘피의 화서형성과 씨의 발생에 관한 연구. 통영수대 논문집. **17**: 37–42.

권천중, 이상룡, 최청일, 2002. 동해안에 자생하는 거머리말(*Zostera marina* L.)의 생육지 분포에 따른 형태 분석. 한국환경생물학회지, **20**: 66–72.

박만규, 1949. 문교 연구 총서 제2즙: 우리나라 식물명감. 문교부.

박명삼, 1969. 거머리말의 화학성분에 관한 연구. 식물학회지. **12**: 1–6.

이상룡, 권천중, 최청일, 2001. 동해안에서 자생하는 거머리말속(*Zostera*, Zosteraceae) 식물의 분포와 생육지 환경. 한국수산학회지, **33**: 501–507.

이상룡, 서영배, 김상태, 최청일, 2002a. 한국산 수거머리말(*Zostera caulescens* Miki)의 형태 및 생태적 특성에 대한 연구. *Ocean & Polar Res.*, **24**: 345–357.

이상룡, 이성미, 최청일, 2002b. 동해 덕산항에 생육하는 포기거머리말(*Zostera caespitosa* Miki) 군집의 생물계절학과 형태 변이. 한국환경생물학회지, **20**: 339–346.

정약전, 1814. 玆山魚譜-해설 자산어보, 신안군(1998), pp. 149–151.

정태현, 1957. 한국식물명감. 신지출판사.

조선식물학회, 1949. 조선식물명집 초본편.

최홍근. 1985. 한국산 수생관속식물지. 서울대학교. 박사학위논문.

허성희, 곽석남, 남기완, 1998. 광양만 잘피와 착생해조류의 계절변동. 한국수산학회지, **31**: 56–62.

Cho, T.O. and S.M. Boo, 1998. Marine flora of Oeyondo Islands on the Yellow Sea, Korea: . Green algae and Seagrass. *Algae*, **13**: 1–11.

Dennison, W.C. and R.S., Alberte, 1986. Photoadaptation and growth of *Zostera marina* L. (eelgrass) transplants along a depth gradient. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **98**: 265–282.

Dennison, W.C., 1990. Soot density. In: Seagrass research methods, edited by Phillips, R.C. and C.P. McRoy. UNESCO, pp. 31–64.

Duarte, C.M., R.Martinez, and C. Barron, 2002. Biomass, production and rhizome growth near the northern limit of seagrass (*Zostera marina*) distribution. *Aquat. Bot.* **72**: 183–189.

Lee S.Y., 2001. A study on the ecological and taxonomical characteristics of *Zostera* (Zosteraceae) in Korea. Ph. D. Thesis, Hanyang University, 167 pp.

Lee, S.Y., C.J. Kwon, K.S. Lee and C.I. Choi, 2002. Distribution of eelgrass, *Zostera marina* L. on coasts of the Korean Peninsula: Preliminary study for eelgrass restoration. *Ocean & Polar Res.*, **24**: 55–61.

Meling-Lopez, A.E. and S.E. Ibarra-Obando, 1999. Annual life cycles of two *Zostera marina* L. Populationsin the Gulf of California: contrasts in seasonality and reproductive effort. *Aquat. Bot.* **65**: 59–69.

Miki S., 1932. On seagrass new to Japan. *Bot. Mag. Tokyo.* **46**: 774–788.

Miki S., 1933. On the seagrasses in Japan. *Zostera* and *Phyllospadix*, with special reference to Morphological and ecological characters. *Bot. Mag. Tokyo.* **47**: 842–862.

Nakai, S., 1911. Flora Korean . *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo.* **26**: 1–573.

Nakaoka, M. and K. Aioi, 2001. Ecology of seagrasses *Zostera* spp. (Zosteraceae) in Japanese waters: A review. *Otsuchi Mar. Sci.*, **26**: 7–22.

Parsons, T.R., Y. Maita and C.M. Lalli, 1989. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis, Permagon Press, Oxford.

Phillips, R.C., C. McMillan and K.W. Bridges, 1983. Phenology of eelgrass, *Zostera marina* L., along latitudinal gradients in North America. *Aquat. Bot.* **15**: 145–156.

Setchell, W.A., 1929. Morphological and phenological notes on *Zostera marina* L. *Univ., California Pub., Botany*, **14**: 389–452.

Shin, H. and H.K. Choi, 1998. Taxonomy and distribution of *Zostera* (Zosteraceae) in eastern Asia, with special reference to Korea. *Aquat. Bot.*, **60**: 49–66.

Walker, D.I., B. Olesen and R.C. Phillips, 2001. Reproduction and phenology in seagrasses. In: Global Seagrass Research Methods, edited by Short, F.T., R.G. Coles and C.A. Short, ELSEVIER, New York, pp. 59–78.

Zieman, J.C. and R.G. Wetzel, 1980. Productivity in seagrass: Methods and rates. In: Handbook of Seagrass Biology: An Ecosystem Perspective, edited by Phillips, R.C. and C.P. McRoy, Garland STPM, New York and London, pp. 87–116.

2003년 1월 27일 원고접수
2003년 3월 18일 수정본채택
담당편집위원: 신현출