

〈Note〉

환경요인에 따른 거머리말 (*Zostera marina*)과 게바다말 (*Phyllospadix japonicus*)의 발아율

박 정 임* · 이 근 섭¹ · 손 민 호해양생태기술연구소, ¹부산대학교 생명과학과

Germination Rate of *Zostera marina* and *Phyllospadix japonicus* Related to Environmental Factors

Jung-Im Park*, Kun-Seop Lee¹ and Min Ho Son

Marine Eco-Technology Institute, Busan 608-830, Korea

¹Department of Biological Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

Abstract - We investigated germination rate of *Zostera marina* and *Phyllospadix japonicus*, which are the most two abundant seagrass species of Korea, in related to light, salinity and temperature. Light had no significant effect on *Z. marina* germination, but it promoted *P. japonicus* germination. The highest germination of *Z. marina* appeared in 0 psu, and that of *P. japonicus* appeared in 15 psu. The optimum water temperatures for germination of *Z. marina* and *P. japonicus* were 5°C and 15°C, respectively. These differences of optimum germination requirements of *Z. marina* and *P. japonicus* were probably caused by the difference of the habitat environment of the two seagrass species. Since few data exist concerning germination of Korean seagrasses, this study provides valuable information for the conservation of seagrass habitats in Korea.

Key words : *Zostera marina*, *Phyllospadix japonicus*, germination, light, water temperature, salinity

서 론

잘피는 종자를 형성하는 해산현화식물로 극지방을 제외한 전 세계 연안에 약 60여종이 서식하고 있다(Green and Short 2003). 우리나라 연안에는 동, 서, 남해 및 제주도 해역에 총 9종의 잘피가 출현하고 있다고 보고되었다(Kim *et al.* 2009). 그중 거머리말 (*Zostera marina*)과 게바다말 (*Phyllospadix japonicus*)은 가장 서식면적이 넓고 풍부한 잘피 종으로, 이른 봄부터 초여름까지 성장이

활발하며, 이 시기에 개화와 수정을 거쳐 종자를 성숙시켜 방출하게 된다(Lee *et al.* 2005; Park and Lee 2009).

이와 같이 유사한 성장특성을 보이는 데도 불구하고 이 두 종의 서식환경은 매우 차이가 난다. 거머리말은 조류의 흐름이 완만한 남해안의 만이나 하구의 모래, 썰 등의 연약지반에서 나타난다(Lee and Lee 2003; Lee *et al.* 2005). 그에 비해, 게바다말은 외양에 노출되어 강한 조류의 흐름을 받는 동해안의 암반에 부착하여 생활한다(Park and Lee 2009). 또한, 게바다말의 서식지는 거머리말 서식지보다 평균 수중광량이 높고, 최저수온이 낮은 것으로 보고되었다(Park and Lee 2009). 이러한 서식환경의 차이는 두 종의 발아 조건에도 차이를 발생시킬 것으로 추측된다(Silvertown 1984; Farmer *et al.* 1986;

* Corresponding author: Jung-Im Park, Tel. 070-8630-7285, 019-580-7872, Fax. 051-611-0588, E-mail. jipark20@hanmail.net

Meyer *et al.* 1989).

빛, 수온과 염분은 잘피 종자의 발아율에 중요한 영향을 미치는데, 잘피의 발아율은 종에 따라 차이가 나타나며, 동일한 종이라도 서식환경에 따라 달라지게 된다 (Orth *et al.* 2000; Baskin and Baskin 2001; Abe *et al.* 2008). 빛의 유무는 *Halophila engelmannii*와 *H. decipiens*의 발아에서 중요하게 영향을 미쳤으나, 거머리말의 발아에서는 유의한 영향을 주지 않았다 (McMillan 1987; Moore *et al.* 1993). Phillips *et al.* (1983)과 Moore *et al.* (1993)은 거머리말이 저수온에서 발아율이 높다고 하였지만, Lamounette (1977)와 Harrison (1991)은 거머리말의 발아율은 수온에 영향을 받지 않은 것으로 보고하였다. *Z. noltii*와 *Z. capricorni*는 저염분에서 높은 발아율을 보였고, 거머리말은 15 psu와 30 psu에서 발아율의 차이가 나타나지 않은 것으로 보고하였다 (McMillan 1983; Loques *et al.* 1990; Conacher *et al.* 1994). 위와 같이 거머리말의 발아에 관련한 정보는 종종 접할 수 있으나, 게바다말의 발아에 영향을 미치는 조건에 대한 정보는 전무하다 (Orth *et al.* 2000).

최근 거머리말과 게바다말을 비롯하여 우리연안에 서식하는 잘피의 형태, 성장과 서식 환경 분석 등 생태적 특성에 관한 연구는 활발히 진행되고 있다 (Lee and Lee 2003; Lee *et al.* 2005). 그러나 우리 연안 잘피 종자의 발아에 대한 자료는 밝혀진 바가 거의 없다. 본 연구에서는 거머리말과 게바다말의 빛, 수온과 염분의 차이에 따른 발아율의 차이를 비교해 보고자 한다.

재료 및 방법

1. 종자의 수집

거머리말의 화지는 남해안의 진동만 (35° 06'N, 128° 32'E)과 거제만 (34° 48'N, 128° 35'E)에서 2004년 7월에 채취하였다. 동 시기에 게바다말의 화지를 동해남부 연안의 기장군 (35° 16'N, 129° 15'E)에서 채취하였다 (Fig. 1). 채취된 두 종의 화지들은 즉시 해수가 흐르는 수조에 각각 보관하였고, 약 2개월 후 수조에 가라앉은 화지 조각에서 종자를 수집하였다.

2. 공통 실험 절차

각 실험조건에서 거머리말은 100개의 종자를, 게바다말은 30개의 종자를 각 페트리디쉬 (직경 9 cm)에 넣은 후 5반복으로 실시하였다. 거머리말은 떡잎 (cotyledon)이 나타난 것을 발아한 것으로 간주하였다 (Churchill 1983).

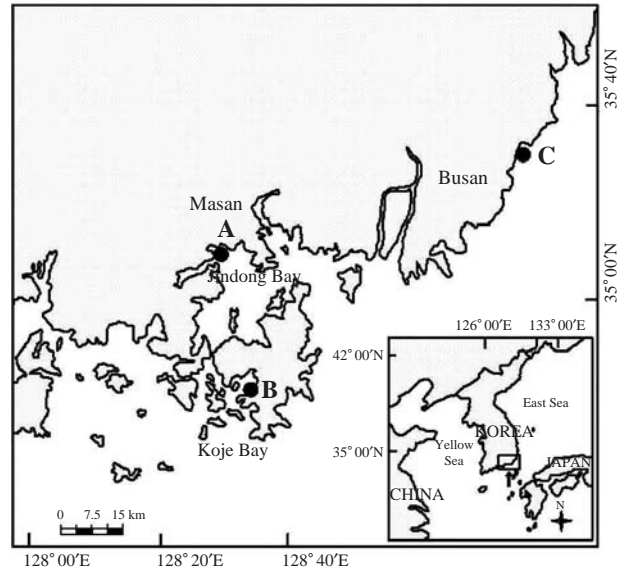


Fig. 1. Collecting sites of seagrass flowering shoots. Reproductive shoots of *Z. marina* were collected from Jindong Bay (A) and Koje Bay (B) on the southern coast, and spadices of *P. japonicus* were collected from Kijang (C) on southeastern coast of Korea.

게바다말은 열매 정단부에서 잎이 종피 외부로 나타난 것을 발아한 것으로 간주하였다 (Kuo *et al.* 1990). 실험은 2004년 9월부터 7개월간 지속되었으며, 격주마다 각 페트리디쉬에서 발아한 종자의 수를 헤아려 합산하였다. 이때 발아한 종자는 제거하였고, 여과해수와 각 염분의 물을 교환하였다. 발아율은 각 페트리디쉬 당 발아한 종자의 백분율로 나타내었다.

3. 빛의 유무

각 페트리디쉬에 50 mL의 여과해수를 주입한 후 발아 실험을 하였다. 발아에 미치는 빛의 영향을 알아보기 위해 광주기 12L:12D로 고정된 백색형광등 (FH35W840HE, Osram, Korea)하에 거머리말 종자와 게바다말 종자가 주입된 페트리디쉬와 이를 알미늄 호일을 이용해 2점으로 포장하여 암처리를 한 페트리디쉬를 각각 배치하였다. 백색형광등 하에서 광량 측정기 (LI-1400 Data logger, LICOR, USA)로 측정된 광량은 약 $45 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이었다.

4. 염분과 수온

각 페트리디쉬에 증류수 (0 psu)와 증류수에 천일염을 용해시켜 만든 15, 30, 45 psu 염분의 물을 50 mL씩 주입하여 사용하였다. 이에 거머리말 종자와 게바다말 종자를 각각 주입한 후 광주기 12L:12D로 고정된 백색형광

등 (FQ24W840HO, Osram, Korea)이 설치된 5, 15, 25°C의 배양기에 종자가 든 페트리디쉬를 배치하였다.

5. 통계

모든 자료는 normality와 homogeneity of variance를 검정한 후 빛의 영향은 One-way ANOVA, 염분과 수온의 영향은 Two-way ANOVA를 이용하여 분석하였다. 분석값이 유의할 경우, Turkey HSD (Honestly Significant Difference)를 이용하여 각 자료의 유의성을 검증하였다. 통계분석은 SAS 9.1을 이용하였으며, 모든 측정치는 평균(mean)과 표준오차(SE)로 나타내었다.

결 과

1. 빛의 유무

거머리말의 발아율은 12L : 12D의 유광조건 (28.6%)과 무광조건 (31.0%)에서 유의한 차이가 발생하지 않았다 ($F=0.162$, $P=0.698$; Fig. 2A). 게바다말은 12 : 12 유광조건 (48.5%)에서의 발아율이 무광조건 (31%)에서의 발아율보다 유의하게 높았다 ($F=9.959$, $P<0.05$; Fig. 2B).

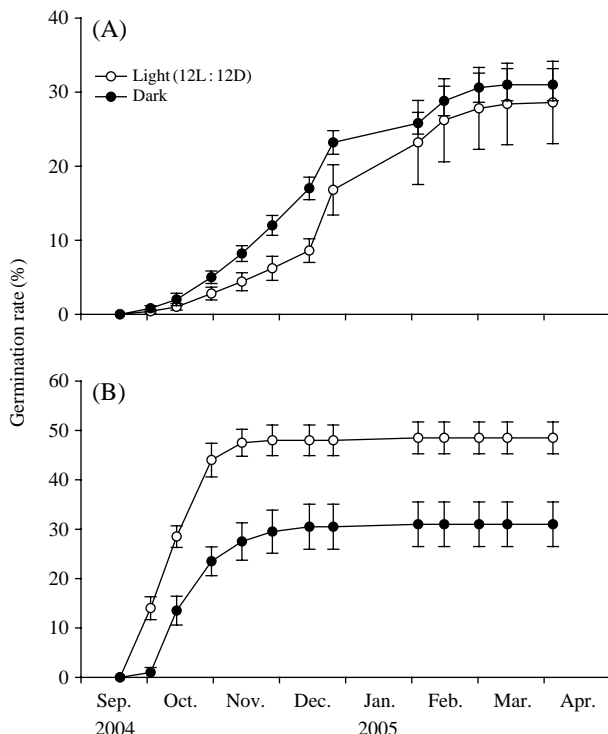


Fig. 2. Effects of light (12 : 12h L : D) and continuous darkness on germination rate of *Zostera marina* (A) and *Pyllospadix japonicus* (B).

2. 염분과 수온

거머리말의 발아율은 모든 온도조건에서 0 psu가 가장 높았고, 모든 염분에서 5°C가 가장 높았다 ($F=91.45$, $P<0.001$). 5°C에서 각 염분의 평균 발아율은 55.2%로, 모든 염분에서 발아한데 비해 25°C의 평균 발아율은 12.5%로 30 psu와 45 psu에서는 거의 발아하지 않았다 (Fig. 3A ~ C).

게바다말의 발아율은 45 psu를 제외한 모든 염분에서 15°C에서 가장 높았으며, 특히 15 psu에서 가장 높았다 ($F=77.55$, $P<0.001$). 45 psu에서는 모든 온도에서 거의 발아하지 않았다. 15°C에서 각 염분의 평균 발아율은 48.0%인데 비해, 5°C와 25°C에서는 각각 27.4%와 0.6%이었다 (Fig. 3D ~ F).

고 찰

본 실험에서 거머리말 종자의 발아율은 빛 유무에 유의한 영향을 받지 않았다. 거머리말의 종자는 직경 약 1 ~ 1.5 mm, 길이 3 ~ 4 mm의 원주상으로 해수 중에서 화지로부터 방출되면 즉시 니질이나 사니질의 퇴적층으로 유입되어 휴면상태를 유지하다가 적정 수온이 되면 발아가 이루어진다 (Granger *et al.* 2002; Lee *et al.* 2007). 그에 비해 게바다말의 종자는 유광조건에서 높은 발아율을 보였다. 게바다말의 종자는 폭과 높이가 3 ~ 4 mm의 마름모형으로 좌우로 억센 털을 가지고 있다 (Kuo *et al.* 1990). 게바다말과 같은 말갈피의 종자는 해수 중에서 화지로부터 방출되면 거머리말의 종자와는 달리 퇴적층으로 유입되지 않으며, 좌우로 발달한 억센 털이 해조류 등에 끼워져 발아 성장하므로 항상 자연광에 노출되어 생활한다 (Stewart 1989). 이러한 서식환경에서의 광조건의 차이가 거머리말과 게바다말의 종자 발아에도 발현된 것으로 보인다.

염분은 갈피종자의 발아에 영향을 미치는 중요한 요인이다. 해수에 적응되어 생활하는 갈피종이라도 고염분은 높은 삼투압으로 인해 종자의 휴면상태를 유도하는데 비해, 저염분은 조직의 수화를 촉진시켜 발아를 유도한다 (Loques *et al.* 1990; Baskin and Baskin 2001). 본 실험에서 거머리말 종자는 증류수에서 발아율이 가장 높는데 비해, 게바다말의 종자는 15 psu에서 가장 높았다. 거머리말 서식지는 주로 남해안의 하구나 연안에 자생하므로 육수의 유입으로 인한 저염분에 적응될 기회가 많은데 비해 (박 등 2011), 게바다말 서식지는 주로 대양에 노출된 동해안에 위치하여 거머리말에 비해 저염분

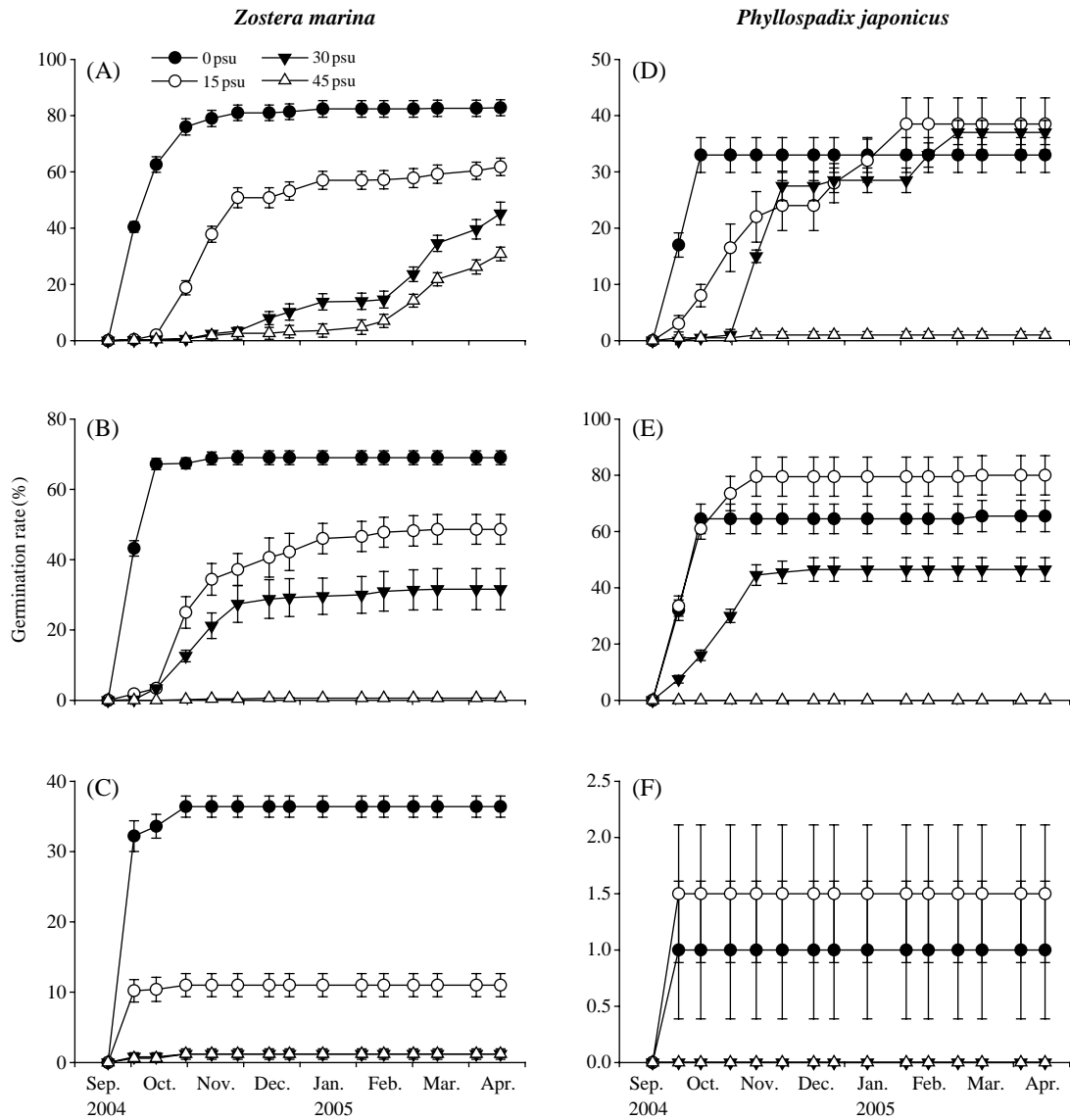


Fig. 3. Effects of salinity and temperature on germination rate of *Zostera marina* and *Phyllospadix japonicus*. Germination rate of *Z. marina* seeds at 0, 15, 30, 45 psu in 5°C (A), 15°C (B), 25°C (C). Germination rate of *P. japonicus* seeds at 0, 15, 30, 45 psu in 5°C (D), 15°C (E), 25°C (F).

수를 접할 기회가 적다 (Park and Lee 2009). 이러한 서식 환경의 염분 차이로 본 실험에서 게바다말 종자의 적정 염분이 거머리말 종자보다 높았을 것으로 추측된다.

수온도 거머리말과 게바다말 종자의 발아에 중요한 영향을 주었다. 두 종 모두 고온에서는 발아율이 현저히 낮았고, 적정 발아 수온은 게바다말 (15°C)보다 거머리말 (5°C)이 더욱 낮게 나타났다. 잘피 종자는 저온에서 활발한 발아율을 나타내는 것으로 보고되고 있으며 (Orth and Moore 1983; Harrison 1991; Caye *et al.* 1992; Conacher *et al.* 1994; Brenchley and Probert 1998), 잘피 종자의 최적의 발아수온은 그 서식지의 최저 수온이라는 주장이 최

근 제기되었다 (Abe *et al.* 2008). 본 실험에 사용된 종자를 채취한 거머리말과 게바다말 서식지의 최저 수온은 각각 약 5°C와 11°C이다 (Lee *et al.* 2005; Park and Lee 2009). 따라서 거머리말 종자는 서식지의 최저 수온인 5°C에서, 게바다말은 서식지의 최저 수온과 가까운 15°C에서 발아율이 높았을 것으로 생각된다.

결론적으로, 거머리말과 게바다말의 종자는 빛의 유무, 염분과 수온조건에 따라 최적 발아율의 차이를 보였으며, 이것은 두 종의 서식 환경의 차이에 유인하는 것으로 판단된다. 본 결과는 한국연안의 잘피서식지 보존에도 중요한 기초자료를 제공할 것이다.

적 요

본 연구는 우리나라의 대표적인 잠피 2종인 거머리말과 게바다말의 빛, 염분과 수온 조건에 따른 발아율을 조사하였다. 빛의 유무는 거머리말의 발아에는 영향을 주지 않았으나, 게바다말은 유광조건에서 발아율이 유의하게 높았다. 거머리말과 게바다말은 각각 0 psu와 15 psu에서 발아율이 가장 높았고, 두 종 모두 염분이 증가할수록 발아율이 급격히 낮아졌다. 최적 수온조건은 거머리말과 게바다말이 각각 5°C와 15°C로 나타났으며, 25°C에서는 현저히 낮았다. 이러한 거머리말과 게바다말의 최적 발아율의 차이는 두 종의 서식환경의 차이에서 기인하는 것으로 추측된다. 지금까지 우리나라 연안에 분포하는 잠피 종자의 발아에 대한 자료가 전무하므로, 이 결과는 잠피서식지 보전에도 중요한 정보를 제공할 것이다.

사 사

본 연구에 많은 도움을 주신 국립수산물과학원 김진영 박사님과 시료채집을 도와주신 김영균, 김종협 후배님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 박정임, 이근섭, 손민호. 2011. 낙동강 하구에 이식된 잠피 (*Zostera marina*)의 환경변화에 따른 성장특성. 한수지. 44:533-542.
- Abe M, A Kurashima and M Maegawa. 2008. Temperature requirements for seed germination and seedling growth of *Zostera marina* from central Japan. Fish. Sci. 74:589-593.
- Baskin CC and JM Baskin. 2001. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, New York.
- Branchley JL and RJ Probert. 1998. Seed germination responses to some environmental factors in the seagrass *Zostera capricorni* from eastern Australia. Aquat. Bot. 62:177-188.
- Caye G, C Bulard, A Meinesz and F Loques. 1992. Dominant role of seawater osmotic pressure on germination in *Cymodocea nodosa*. Aquat. Bot. 42:187-193.
- Churchill AC. 1983. Field studies on seed germination and seedling development in *Zostera marina* L. Aquat. Bot. 9: 201-220.
- Conacher CA, IR Poiner, J Bulter, S Pun and DJ Tree. 1994. Germination, storage and viability testing of seeds of *Zostera capricorni* Aschers. From a tropical bay in Australia. Aquat. Bot. 49:47-58.
- Farmer JM, SC Price and CR Bell. 1986. Population, temperature, and substrate influences on common Milkweed (*Asclepias syriaca*) seed germination. Weed Sci. 34:525-528.
- Granger S, MS Traber, SW Nixon and R Keyes. 2002. A practical guide for the use of seeds in eelgrass (*Zostera marina* L.) restoration. Part 1. Collection Processing and Storage. Rhode Island Sea Grant, Narragansett, RI.
- Green EP and FT Short. 2003. World atlas of seagrasses. University of California Press, Berkeley.
- Harrison PG. 1991. Mechanisms of seed dormancy in an annual population of *Zostera marina* (eelgrass) from the Netherlands. Can. J. Bot. 69:1972-1976.
- Kim JB, J-I Park, CS Jung, P-Y Lee and K-S Lee. 2009. Distributional range extension of the seagrass *Halophila nipponica* into coastal waters off the Korean peninsula. Aquat. Bot. 90:269-272.
- Kuo J, H Iizumi, BE Nilsen and K Aioi. 1990. Fruit anatomy, seed germination and seedling development in the Japanese seagrass *Phyllospadix* (Zosteraceae). Aquat. Bot. 37:229-245.
- Lamourette RG. 1977. A study of the germination and viability of *Zostera marina* L. seeds. MS thesis, Adelphi University, GardenCity, NY.
- Lee K-S and SY Lee. 2003. The seagrasses of the Republic of Korea. pp. 193-198. In World Atlas of Seagrasses: Present Status and Future Conservation. (Green EP, FT Short and MD Spalding eds.). University of California Press, Berkeley.
- Lee K-S, J-I Park, Y-K Kim, SR Park and J-H Kim. 2007. Recolonization of *Zostera marina* following destruction caused by a red tide algal bloom: the role of new shoot recruitment from seed banks. Mar. Ecol. Prog. Ser. 342:105-115.
- Lee K-S, SR Park and JB Kim. 2005. Production dynamics of the eelgrass, *Zostera marina* in two bay systems on the south coast of the Korean peninsula. Mar. Biol. 147:1091-1108.
- Loques F, G Caye and A Meinesz. 1990. Germination in the marine phanerogam *Zostera noltii* Hornemann at Golfe Juan, French Mediterranean. Aquat. Bot. 38:249-260.
- McMillan C. 1983. Seed germination for an annual form of *Zostera marina* from the sea of Cortez, Mexico. Aquat. Bot. 16:105-110.
- McMillan C. 1987. Seed germination and seedling morphology of the seagrass, *Halophila Engelmannii* (Hydrocharitaceae). Aquat. Bot. 28:179-188.
- Meyer SE, ED McArthur and GL Jorgensen. 1989. Variation in germination response to temperature in Rubber Rabbitbrush (*Chrysothamnus nauseosus*: Asteraceae) and its ecological implications. Am. J. Bot. 76:981-991.

- Moore KA, RJ Orth and JF Nowak. 1993. Environmental regulation of seed germination in *Zostera marina* L. (eelgrass) in Chesapeake Bay: Effects of light, oxygen and sediment burial. *Aquat. Bot.* 45:79-97.
- Orth RJ and KH Moore. 1983. Seed germination and seedling growth of *Zostera marina* L. (eelgrass) in the Chesapeake Bay. *Aquat. Bot.* 15:117-131.
- Orth RJ, MC Harwell, EM Bailey, A Bartholomew, JT Jawad, AV Lombana, KA Moore, JM Rhode and HE Woods. 2000. A review of issues in seagrass seed dormancy and germination: Implications for conservation and restoration. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 200:277-288.
- Park J-I and K-S Lee. 2009. Peculiar growth dynamics of the surfgrass *Phyllospadix japonicus* on the southeastern coast of Korea. *Mar. Biol.* 15:2221-2233.
- Phillips RC, WS Grant and CP McRoy. 1983. Reproductive strategies of eelgrass (*Zostera marina* L.). *Aquat. Bot.* 16:1-20.
- SAS Institute. Inc. 1989. SAS/STAT Guide for Personal Computers, version 6, 4th ed. SAS Institute, Cary, North Carolina.
- Silvertown JW. 1984. Phenotypic variety in seed germination behavior: the ontogeny and evolution of somatic polymorphism in seeds. *Am. Nat.* 124:1-16.
- Stewart JG. 1989. Maintenance of a balanced, shifting boundary between the seagrass *Phyllospadix* and algal turf. *Aquat. Bot.* 33:223-241.

Received: 14 August 2012

Revised: 9 September 2012

Revision accepted: 10 September 2012