「The Sea」 Journal of the Korean Society of Oceanography
Vol. 19, No. 2, pp. 164 ― 168, May 2014
http://dx.doi.org/10.7850/jkso.2014.19.2.164

Note

저장 방법과 기간에 따른 거머리말 (*Zostera marina*)의 발아율

박정임[1,*] · 박재희[1] · 이근섭[2] · 손민호[1]
[1](주)해양생태기술연구소
[2]부산대학교 생명과학과

Germination Rate of *Zostera marina* Seeds Relative to Storage Methods and Periods

JUNG-IM PARK[1,*], JAY HEE PARK[1], KUN-SEOP LEE[2] AND MIN HO SON[1]
[1]*Marine Eco-Technology Institute, Co., Ltd. Busan 608-830, Korea*
[2]*Departmrnt of Biological Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea*

거머리말 종자의 적절한 저장 방법과 저장 가능한 기간을 알아보기 위하여 우리나라 남해안에서 채취한 거머리말 종자를 이용하여 다양한 저장 방법과 저장 기간 후 발아율을 조사하였다. 거머리말 종자의 저장 방법은 공기가 공급되는 실온의 해수, 4 ℃의 해수, 30 ℃의 해수, 해수가 공급되는 수조, 밀폐된 해수, 냉동, 건조의 방법으로 저장하였다. 4 ℃의 해수에 저장한 거머리말 종자의 발아율이 가장 높았으며(52.0%), 해수가 유입되는 수조와 실온에서 저장한 종자의 발아율은 각각 17.7%와 27.4%가 나타난 반면, 건조, 냉동한 종자와 30 ℃의 해수에 보관한 종자는 전혀 발아하지 않았다. 거머리말 종자의 각 저장 기간은 10, 20, 30, 60, 180일과 240일 동안 저장하였다. 10~60일 동안 저장한 거머리말 종자는 46.4~52.4%의 발아율을 유지하였으나, 저장 기간이 길어질수록 급격히 발아율이 감소하여, 240일 저장한 거머리말은 전혀 발아되지 않았다.

To determine the optimal storage method and longest possible storage period of *Zostera marina* seeds, we examined post-storage germination rates using different storage methods and periods for *Z. marina* seeds harvested in southern coast of Korea. Storage methods included in seawater at room temperature with air supply, seawater at 4 ℃, seawater at 30 ℃, an aquarium with continuous seawater circulation, seawater at room temperature in an airtight tank, a refrigerator at -20 ℃, and a desiccator at room temperature. Germination rates of *Z. marina* seeds stored in seawater at 4 ℃ showed highest germination (52.0%), whereas those of seeds stored in seawater at room temperature and an aquarium were 27.4% and 17.7%, respectively. But the seeds stored in seawater at 30 ℃, a refrigerator, and a desiccator did not germinate. Storage periods were 10, 20, 30, 60, 180 and 240 days of storage. *Z. marina* seeds maintained germination rates of 46.4~52.4% until 10~60 days of storage, but showed rapidly decreasing germination rates after then and no germination after 240 days.

Key words: *Zostera marina*, Seed, Storage method, Storage period, Recalcitrant seeds

서 론

잘피(seagrasses)는 종자를 생산하는 해산현화식물로 극지방을 제외한 전 세계 연안에서 11속 60 여종이 서식하고 있다(Green and Short, 2003). 잘피서식지는 높은 생산력을 발휘하며 다양한 생물들의 먹이, 산란장과 서식처를 제공하여 연안생태계의 생산성과 생물다양성 유지에 기여하고 있다(Huh and Kitting, 1985). 그러나 최근 수 십 년 동안 매립, 준설, 부영양화 등의 인위적인 요인으로 인한 잘피서식지의 심각한 훼손이 세계적으로 보고되고 있으며, 잘피서식지의 감소를 줄이기 위해 북미에서는 거머리말을 포함한 잘피서식지 복원사업이 20세기 중반부터 수행되어 왔다(Fonseca *et al*., 1998; Marion and Orth, 2010). 지금까지 가장 빈번히 서식지 복원에 이용된 종은 거머리말로 주로 성체를 이식하는 방법으로 시도되었으나, 이 방법은 이식에 사용될 공급용 잘피를 구하기 위해 기존 잘피장의 훼손이 불가피하고, 이식 비용이

Received January 21, 2014; Revised February 6, 2014; Accepted March 11, 2014
*Corresponding author: jipark@marine-eco.co.kr

고가이며, 공급용 잘피를 구하기 위해 기존 잘피장의 훼손이 불가피한 단점이 있다(Fonseca *et al*., 1998). 종자를 이용하는 방법은 이러한 문제점을 해결할 수 있고, 일단 충분한 양의 종자가 확보되면 단기간에 넓은 면적의 잘피서식지를 복원할 수 있는 장점으로 20세기 말부터 북미를 중심으로 활발히 시도되고 있다 (Marion and Orth, 2010).

우리나라 연안의 거머리말은 이른 봄부터 초여름까지 성장이 활발하며, 이 시기에 꽃을 피우고 수정을 거쳐 열매를 성숙시킨 후 종자를 방출하게 된다(Lee *et al*., 2005). 거머리말의 종자를 수확하기 위해 성숙한 종자가 방출되기 전의 개화주를 채집하는 것이 유리하다. 따라서 수확한 거머리말 종자는 파종 전 저장 과정을 거치게 된다. 종자를 저장하는 목적은 수확한 종자를 파종할 때까지 활력을 유지하기 위함이다. 대부분의 식물 종자는 건조한 상태로 저장함으로써 활력을 유지하며, 저장 습도가 80% 이상에서는 활력이 급격히 감소하며 저장 중 부패되거나, 저장 후 파종되더라도 미성숙발아가 발생하여 성장에 난점이 있다(Baskin and Baskin, 2001). 그러나 침수식물인 잘피의 종자는 건조에 대한 내성이 약하여 건조에 노출되면 활력을 상실할 수 있다(Chandel *et al*., 1995). 육상 식물의 경우 다양한 종자의 저장 방법이 개발되었으나 (Baskin and Baskin, 2001), 잘피 종자의 보관에 대한 자료는 매우 미흡하며 서식지 복원을 위한 잘피 종자의 활력을 유지할 수 있는 저장 방법에 관한 연구가 시급하다(Orth *et al*., 2000).

종자는 저장 중 생명을 유지하나, 장기간 살 수 없어 결국 활력이 소실되어 죽게 된다. 종자의 퇴화는 어쩔 수 없는 생리 현상이나 저장 관리를 잘하면 퇴화 속도는 어느 정도 감소시킬 수 있으며, 종에 따라 다르고, 같은 종이라도 서식환경에 따라 다르다(Kim *et al*., 2007). 육상 식물의 종자는 적절한 저장 방법으로 활력을 유지한 상태로 장기간의 저장이 가능하지만(Chandel *et al*., 1995), 일부의 잘피 종자는 다음 번식시기 이전에 활력을 잃게 된다 (Hootsmans *et al*., 1987). 우리나라 연안에 서식하는 잘피 종자의 활력이 유지될 수 있는 저장 가능한 기간에 대한 정보는 종자를 이용한 잘피서식지 복원에 매우 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

거머리말은 우리나라 연안에서 가장 넓게 분포하는 종이며 동시에 1970년대 이후의 급격한 산업화로 서식지가 가장 많이 훼손된 종이기도 하다. 본 연구에서는 거머리말 종자의 적절한 저장 방법과 저장 가능한 기간을 알아보고자 한다. 이 결과는 우리나라 연안에서 수확한 거머리말 종자의 저장 방안에 관련된 기초 자료를 제공할 것이다.

재료 및 방법

종자의 수집과 함수율

거머리말의 화지는 남해안의 진동만(35°06′N, 128°32′E)과 거제만(34°48′N, 128°35′E)에서 2004년 7월에 채취하였다. 채취된 두 종의 화지들은 즉시 해수가 흐르는 수조에 각각 보관하였고, 약 2개월 후 수조에 가라앉은 화지 조각에서 종자를 수집하였다.

수집한 거머리말 종자 100개를 부드러운 종이 타올로 물기를 제거하고 습중량을 측정한 후, 건조기(60 ℃)에서 48시간 건조 후 건중량을 측정하여, 거머리말 종자의 평균 수분 함량을 구하였다.

공통 발아실험 절차

거머리말 종자 100개씩을 여과해수(GF/C, Watman, Maidstone, England) 50 ml을 주입한 각 페트리디쉬(직경 9 cm)에 넣은 후 실온에서 실시하였다(n=5). 페트리디쉬 높이에서의 실내 광은 45 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (12L:12D)로 주었다. 거머리말은 떡잎(cotyledon)이 나타난 것을 발아한 것으로 간주하였다(Churchill, 1983). 격주마다 각 페트리디쉬에서 발아한 종자의 수를 계수하였고, 이 때 발아한 종자는 제거하였으며 여과해수를 교환하였다. 발아율은 각 페트리디쉬 당 발아한 종자의 누적 백분율로 나타내었다.

$$\text{발아율}(\%) = \frac{\text{발아한 종자수}}{\text{전체 종자수}} \times 100$$

저장 방법에 따른 발아율

저장 방법에 따른 거머리말 종자의 발아율을 알아보기 위해 수집한 거머리말 종자를 7가지 방법으로 저장하였다. 각 저장 방법은 ① 공기가 공급되는 해수에 실온 보관(RT), ② 4 ℃의 해수에 보관(CT), ③ 30 ℃의 해수에 보관(WT) ④ 해수가 연속적으로 유입되는 수조에 보관 (AQ), ⑤ 밀폐된 해수에 실온에서 보관 (CL), ⑥ -20 ℃에서 냉동 보관 (FR), ⑦ 데시케이터에 실온 보관 (DR)하는 방법을 채택하였다. ①, ②, ③의 방법에서는 매주 각 등온의 여과해수를 교환하였다. 각 방법으로 90일간 거머리말 종자 저장 후 2004년 12월말부터 약 5개월간 실온에서 발아실험을 실시하였다.

저장 기간에 따른 발아율

저장 기간에 따른 거머리말 종자의 발아율을 알아보기 위해 2004년 9월 1,500개씩의 종자를 여과해수가 담긴 플라스틱 튜브에 넣은 후 냉장(4 ℃) 보관하였다(n=7). 보관 중 매주 각 플라스틱 튜브의 여과해수를 교환하였으며, 저장 시작일로부터 10일, 20일, 30일, 60일, 120일, 180일과 240일 후 각각 거머리말 종자가 담긴 플라스틱 튜브에서 발아하지 않은 종자를 사용하여 2004년 9월부터 8개월간 실온에서 발아실험을 실시하였다. 단, 보관 기간 중 각 플라스틱 튜브에서 발아한 종자는 백분율로 나타내었으며, 실험 전 제거하였다.

통계

모든 자료는 normality와 homogeneity of variance를 검정한 후 저장 방법과 기간에 따른 발아율을 One-way ANOVA를 이용하여 분석하였다. 분석값이 유의할 경우, Turkey HSD (Honestly Significant Difference)를 이용하여 각 자료의 유의성을 검증하였다. 통계 분석은 SAS 9.1을 이용하였으며, 모든 측정치는 평균(mean)과 표준오차(SE)로 나타내었다.

결과 및 고찰

저장 방법에 따른 발아율

거머리말 종자의 평균 습중량은 14.64±0.05 mg으로, 36.60±0.82%의 평균 함수율을 지니고 있었다. 거머리말 종자는 일반적으로 10%미만의 함수율을 보유하는 건조 종자(orthodox seeds)와는 달리 30~70%의 함수율을 가지는 난저장성 종자(recalcitrant

Table 1. Summary of mean ± SE for germination rate of *Z. marina* seeds using different storage methods and periods

Treatment	Mean ± SE	*F*-ratio
Storage methods		
Seawater at room temperature with air supply (RT)	17.7 ± 1.4	
Seawater at 4 ºC (CT)	52.0 ± 4.4	
Seawater at 30 ºC (WT)	0.0 ± 0.0	100.1***
Aquarium with continuous seawater circulation (AQ)	27.4 ± 2.5	
Seawater at room temperature in an airtight tank (CL)	0.4 ± 0.4	
Refrigerator at -20 ºC (FR)	-	
Desiccator at room temperature (DR)	-	
Storage periods (days)		
10	46.4 ± 5.0	
20	51.4 ± 1.0	
30	52.4 ± 1.9	
60	47.6 ± 3.9	85.8***
120	19.0 ± 1.1	
180	0.8 ± 0.8	
240	-	

Differences in germination rates between storage methods and periods are indicated by the corresponding ANOVA *F*-values and associated *p*-values. ***Significant differences(p<0.001) between storage methods and periods.
- Not germinated.

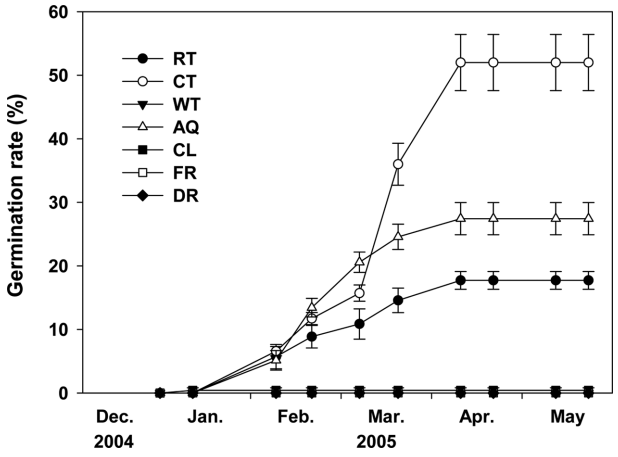

Fig. 1. Germination rate of *Z. marina* seeds using different storage methods. The germination experiment was conducted after 90 days of each storage method. Storage methods included in seawater at room temperature with air supply (RT), in seawater at 4 ºC (CT), in seawater at 30 ºC (WT), in aquarium with continuous seawater circulation (AQ), in seawater at room temperature in an airtight tank (CL), in a refrigerator at -20 ºC (FR), and in a desiccator at room temperature (DR).

seeds; Chandel *et al*., 1995)에 해당되는 것으로 나타났다.

각 저장 방법에 따른 거머리말 종자의 발아율은 유의한 차이를 나타내었다(Table 1, Fig. 1; p<0.001, F=100.118). 4 ºC의 해수에 보관한 종자가 가장 높은 발아율을 나타내었고(52.0±4.4%), 연속적으로 해수가 흐르는 수조에 보관한 종자(27.4±2.5%)와 공기를 공급하는 해수에서 실온 보관한 종자(17.7±1.4%) 순서로 나타났다. 반면, 밀폐된 해수에 보관한 종자는 거의 발아되지 않았고(0.4±0.4%), 냉동하거나 실온에서 건조한 상태로 보관한 거머리말의 종자는 전혀 발아하지 않았다.

대부분의 건조 종자는 낮은 함수율에서도 장기간 저장이 가능한데 비해, 난저장성 종자는 건조에 민감하여 한계 함수율 미만에 노출되면 종자는 죽게 되거나, 냉동되면서 조직내 수분의 결빙으로 세포벽이 변형 또는 파괴되어 종자의 활력이 상실된다(Chandel *et al*., 1995). 거머리말 종자의 건조 보관이 종자의 활력에 치명적인 영향을 미치는 것은 북미 연안에 자생하는 거머리말에서도 보고되고 있다(Hootsmans *et al*., 1987). 이러한 현상은 다른 종의 잘피에서도 보고되고 있는데, 건조한 *Zostera carpricroni*의 종자는 전혀 발아되지 않았으며(Brenchley and Probert, 1998), *Z. hornemanniana*의 종자는 실온에서 60분 건조 후 모두 활력을 잃었다고 보고되고 있다(Tutin, 1938).

가장 높은 발아율을 보인 거머리말 종자의 저장 방법은 4 ºC의 해수에 보관하는 것으로 실온이나 지속적으로 해수가 공급되는 수조에 보관한 종자보다 높게 나타났다. 저온의 해수에 보관한 *Z. capricorni*의 종자도 높은 발아율이 나타난 것으로 보고되고 있다(Conachore *et al*., 1994). 이것은 저온 저장이 종자의 휴면 타파에 유리하게 작용할 수 있음을 의미한다(Orth *et al*., 2000). 반면 30℃의 해수에 보관한 거머리말 종자는 전혀 발아하지 않았는데, 이는 따뜻한 수온에서 곰팡이류의 활동으로 종자가 부패되기 쉬운 상태였을 것으로 추측할 수 있다(Baskin and Baskin, 2001). 체스픽만에서 수확한 거머리말 종자도 20 ºC 이상의 수온에서 70%가 부패하였으며(Orth and Moore, 1983), 26 ºC에 보관한 *Z. carpricroni*의 종자도 쉽게 부패되었다(Brenchley and Probert, 1998). 또한, 종자는 저장 기간 중에도 호흡을 지속하여야 하므로 충분한 산소는 저장 과정에서 매우 중요하다(Baskin and Baskin, 2001). 저장 과정에서 혐기 상태는 종자에 치명적인 농도의 황화물을 생성시켜 활력을 잃게 할 수 있다(Hootsmans *et al*., 1987; Moore *et al*., 1993). 본 실험에서도 밀폐된 해수에 보관한 거머리말 종자가 거의 발아

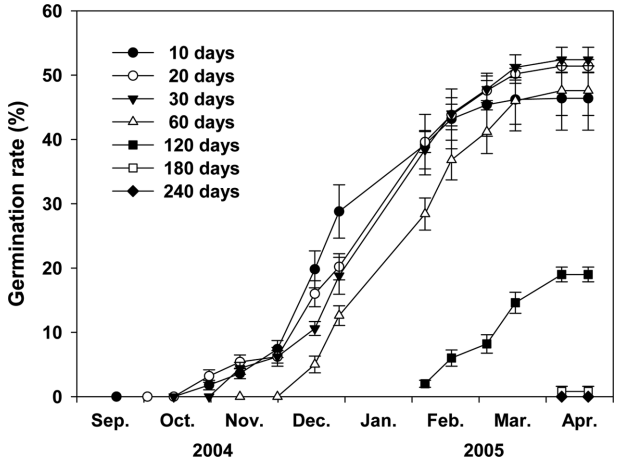

Fig. 2. Germination of *Z. marina* seeds after different storage periods in filtered seawater at 4 ℃. The germination experiment was conducted after each storage period. Storage periods were 10, 20, 30, 60, 120, 180, and 240 days.

하지 않은 것은 부족한 산소와 치명적인 황화물의 영향이었을 것으로 추측할 수 있다.

저장 기간에 따른 발아율

각 저장 기간에 따른 거머리말 종자의 발아율은 통계학적 유의하게 차이를 보였다(Table 1, Fig. 2; p<0.001, F=85.807). 그 중 30일간 저장한 거머리말 종자의 발아율이 52.4±1.9%로 가장 높았으며, 10~60일 저장한 거머리말 종자의 발아율은 46.4±5.0~52.4±1.9%로 변화를 보였지만, 유의한 차이는 나타나지 않았다 (p=0.534, F=0.758). 반면, 60일 이후의 실험군에서는 저장 기간의 증가와 더불어 발아율은 현저하게 감소하였으며, 저장 기간이 120일된 종자는 19.0±1.1%로, 180일에서는 0.8±0.8%의 발아특성을 보였고, 240일 경과 후 거머리말 종자는 전혀 발아하지 않았다.

대부분의 종자는 적절한 저장 방법으로 저장하더라도 저장 기간이 길어질수록 활력을 잃게 되는데, 이러한 종자의 퇴화는 저장 관리를 잘 한다면 그 속도를 어느 정도 줄일 수 있다 (Kim *et al*., 2007). 본 실험에서도 4 ℃에 저온 저장된 거머리말 종자의 저장 기간이 60일을 경과하면서 발아율이 급격히 저하되었고, 240일이 경과된 종자는 전혀 발아하지 않았다. 이러한 현상은 다른 종의 잘피에서도 실험실에서 관찰되었는데, 저온 보관된 *Phyllospadix torreyi*종자의 활력은 83일까지 유지된 것으로 보고되고 있으며 (Reed *et al*., 1998), 저온 보관된 *Z. capricorni* 종자도 50일 후 58%의 발아율을 보였으나, 316일 후에는 전혀 발아하지 않았다 (Conacher *et al*., 1994). 자연 거머리말 군락지의 퇴적물에 포함된 종자 (seed bank)에서도 일 년이 경과한 활력을 유지한 종자는 거의 없는 것 (Moore *et al*., 1993)으로 보고되는 점을 감안하면 거머리말 종자를 다음 개화 시기까지 저장하는 것은 난점이 있을 것으로 판단된다. 다만, 본 실험에서는 거머리말 종자를 다양한 기간 저장한 후 발아 실험 기간의 차이가 발생한 결과로 각 실험군의 동일한 기간 동안 발아율을 확인한다면 거머리말 종자의 가능한 저장 기간이 더욱 명확해질 것으로 기대한다.

각 실험군의 발아실험을 개시하기 전 4 ℃의 해수에 보관 중 발아한 거머리말 종자의 백분율은 240일의 보관 기간 동안 지속적으로 증가하였는데, 10~60일 동안은 서서히 증가하다가(1.9%), 60~180일 동안 급격히 증가하였고(13.4%), 180~240일 동안 약간 증가하였다(13.6%; Table 2). 이는 잘피 종자의 발아가 시작되는 온도가 그 서식지의 최저 수온으로 (Abe *et al*., 2008), 본 실험에서의 저장 수온(4 ℃)이 종자를 수확한 거머리말 서식지의 최저 수온과 유사(Lee *et al*., 2005)하였기 때문으로 추측된다. 그러나 보관 기간 중 발아는 서식지 복원을 위한 거머리말 종자의 저장 목적에 유익하지 않으므로, 보관 기간 중 발아율을 감소시킬 수 있는 적정 수온에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Table 2. Percentage of germinated *Z. marina* seeds during each storage period in seawater at 4 ℃

Storage periods (days)	Germinated seeds (%)
10	0
20	0.9
30	1.1
60	1.9
120	8.5
180	13.4
240	13.6

결론적으로 4 ℃의 해수에 보관한 거머리말 종자가 가장 높은 발아율을 나타내어, 거머리말 종자는 저온 저장 방법이 효율적인 것으로 나타났다. 4 ℃로 저장된 거머리말 종자는 60일의 저장 기간까지 발아율을 유지할 수 있고, 저장 기간이 길어질수록 발아율이 현저히 감소하였으며, 240일이 경과하면 전혀 발아되지 않는 것으로 나타났다. 본 결과는 종자를 활용한 한국연안의 거머리말 서식지 복원에 유익한 자료를 제공할 것이다.

사 사

거머리말 종자 채집에 도움을 주신 김영균, 김종협 후배님과 실험에 많은 도움을 주신 김진영 박사님께 감사드립니다. 이 논문은 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술원의 지원을 받아 수행된 연구(퇴적물 개선제와 잘피장 조성을 통한 내만 빈산소 수괴 해소 기술 개발 기획 연구)입니다.

참고문헌(References)

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, C.C. and J.M. Baskin, 2001. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, NY, 666 pp.

Branchley, J.L. and R.J. Probert, 1998. Seed germination responses to some environmental factors in the seagrass *Zostera capricorni* from eastern Australia. Aquat. Bot., **62**: 177–188.

Chandel, K.P.S., R. Chaudhury, J. Radhamani and S.K. Mailk, 1995. Desiccation and freezing sensitivity in recalcitrant seeds of Tea, Cocaoa and Jackfruit. Ann. Bot., **76**: 443–450.

Churchill, A.C., 1983. Field studies on seed germination and seedling development in *Zostera marina* L. Aquat. Bot., **9**: 201–220.

Conacher, C.A., I.R. Poiner, J. Bulter, S. Pun and D.J. Tree, 1994. Germination, storage and viability testing of seeds of *Zostera capricorni* Aschers. Froma tropical bay in Australia. Aquat. Bot., **49**: 47–58.

Fonseca, M.S., W.J. Kenworthy and G.W. Thayer, 1998. Guidelines for the conservation and restoration of seagrasses in the United States and adjacent Waters. NOAA Coastal Ocean Program/Decision Analysis Series NO. 12. NOAA Coastal Ocean Office, Silver Spring, MD, 222 pp.

Green, E.P. and F.T. Short, 2003. World atlas of seagrasses. University of California Press, Berkeley, 298 pp.

Hootsmans, M.J.M., J.E. Vermaat and W. van Vierssen, 1987. Seedbank development, germination and early seedling survival of two seagrass species from The Netherlands: *Zostera marina* L. and *Zostera noltii* Hornem. Aquat. Bot., **28**: 275–285.

Huh, S.H. and C.L. Kitting, 1985. Trophic relationships among concentrated populations of small fishes in seagrass meadows. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **92**: 29–43.

Kim, H.-Y., Yang, C.-I., Choi, Y.-H., Won, Y.-J. and Y.-T. Lee. 2007. Changes of seed viability and physico-chemical properties of milled rice with different ecotypes and storage duration. Korean J. Crop. Sci. **52**: 375–379.

Lee, K.-S., S.R. Park and J.B. 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.

Marion, S.R. and R.H. Orth, 2010. Innovative Techniques for Large-scale Seagrass Restoration Using *Zostera marina* (eelgrass) Seeds. Res. Ecol., **18**: 514–526.

McMillan, C., 1983. Seed germination for an annual form of *Zostera marina* from the sea of Cortez, Mexico. Aquat. Bot., **16**: 105–110.

Moore, K.A., R.J. Orth and J.F. 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, R.J. and K.H. Moore, 1983. Seed germination and seedling growth of *Zostera marina* L.(eelgrass) in the Chesapeake Bay. Aquat. Bot., **15**: 117–131.

Orth, R.J., M.C. Harwell, E.M. Bailey, A. Bartholomew, J.T. Jawad, A.V. Lombana, K.A. Moore, J.M. Rhode and H.E. Woods, 2000. A review of issues in seagrass seed dormancy and germination: implications for conservation and restoration. Mar. Ecol. Prog. Ser., **200**: 277–288.

Reed, D.C., S.J. Holbrook, E. Solomon and M. Anghera, 1998. Studies on germination and root development in the surfgrass *Phyllospadix torreyi*: implications for habitat restoration. Aquat. Bot., **62**: 71–80.

Tutin, T.G., 1938. The autecology of *Zostera marina* in relation to its wasting disease. New Phytol., **37**: 50–71.

2014년 1월 21일 원고접수
2014년 2월 6일 수정본 접수
2014년 3월 11일 수정본 채택
담당편집위원: 신현출