

## 서해안 염생식물 통통마디의 발아지속과 복원

김기훈 · 강내규 · 송우람<sup>1)</sup> · 이은주<sup>1)\*</sup>

LG생활건강 기술연구원, <sup>1)</sup>서울대학교 생명과학부  
(2011년 10월 19일 접수; 2011년 11월 28일 수정; 2012년 1월 20일 채택)

### Germination Continuity and Restoration of *Salicornia europaea*, Halophyte in West-coast of Korea

Ki-Hoon Kim, Nae-Kyu Kang, Uhram Song<sup>1)</sup>, Eun Ju Lee<sup>1)\*</sup>

LG Household & Health Care R&D Park, 84 Jang-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-343, Korea

<sup>1)</sup>School of Biological Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

(Manuscript received 19 October, 2011; revised 28 November, 2011; accepted 20 January, 2012)

#### Abstract

*Salicornia europaea* (glasswort) is succulent, annual, halophytic plant mainly distributed throughout reclaimed land or salt marsh. It has strong tolerance to salt so that it plays the part of the pioneer species in the first succession. According to domestic and foreign studies, *S. europaea* contains plenty of minerals and antioxidant in the body. Since people take note of an availableness of this plant as health diet, the natural growth sites are threatened. In addition to development of salt marsh and sea shore, imprudent harvest has a bad effect to *S. europaea* population maintenance. To seek ways to preserve the population of this plant, we carried out the continuity of seed germination and restoration test. Seokmo Island, Daebu Island, Youngjong Island and Sudokwon landfill in Korea are selected sites for research. Result of germination continuity shows that most *S. europaea* seeds germinate on March but no more after July. However the germination was occurred after that time in the greenhouse. So we concluded that no germination after July is a matter of environmental condition not the number of remaining seeds. Also germination was seldom occurred in the spot where seeds production was not happened. In result of continuity test of seed germination by soil depth, germination was occurred vigorously only in top soil. From these results, we note that most *S. europaea* germinate in the early spring, and germination is finished by July. And this rapid germination speed makes the number of seeds in soil seed bank rare. If a large number of *S. europaea* in some area are harvested after July, the number of this species will dramatically decrease in that area the following year. In Seokmo Island, we carried out reintroduction experiment by sowing *S. europaea* seeds. On the first year, a small number of *S. europaea* settled and they produced seeds successfully. On April 2010, the second year, we observed many *S. europaea* in seed sowing sites. And we found out that plowing is more efficient than treatment sea water for settlement of *S. europaea*.

**Key Words** : *Salicornia europaea*, Halophyte, Germination continuity, Restoration, West-coast

\*Corresponding author : Eun Ju Lee, School of Biological Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea  
Phone: +82-2-880-6673  
E-mail: ejlee@snu.ac.kr

#### 1. 서론

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있어 국토 면적에 비해 해안선이 매우 긴 편이다. 특히 서해안은 해안선의 들어오고 나감이 복잡하고 경사가 완만하여

넓은 규모의 간석지가 분포하고 있다. Chabreck(1987)은 간석지를 식생이 정착하여 있는 염생습지와 식생이 정착하여 있지 않은 갯벌로 나누었다. 염생습지와 간척지처럼 토양 염분 농도가 높은 곳에서 서식하는 식물을 염생식물(halophyte)이라 한다. 통통마디(*Salicornia europaea* L.)는 명아주과에 속하는 일년생 식물로 칠면초(*Suaeda japonica* Makino), 나문재(*Suaeda glauca* BGE), 해홍나물(*Suaeda maritima* Dum.) 등과 함께 우리나라의 염습지에 서식하는 대표적인 염생식물이다. 이(1980)는 통통마디를 염수가 닿는 바닷가에서 자라는 일년생으로서 높이 10 - 30 cm이며 원주형이고 대생한 가지가 많으며 잎이 없고 원줄기는 짙은 녹색이며 두드러진 마디가 많고 훑으면 짠 맛이 나는 식물이라 하였다. 염생식물은 염에 대한 식물의 적응반응에 따라 크게 염 배제형과 염 축적형으로 나눌 수 있다 (Kinzel, 1989). 통통마디는 염 축적형 염생식물로, 흡수된 염을 액포에 저장하고 수분 유입을 증가시켜 흡수된 염이온을 희석함으로써 염 스트레스에 대한 내성을 갖는다 (Breckle, 1990). 통통마디가 급격한 염분 농도 증가에 빠른 삼투적응을 보이고, 염분 충격으로부터 회복한 후 광합성량도 증가하는 것으로 나타난 임 등(1995)의 연구는 통통마디가 염습지 환경에 성공적으로 적응하였음을 보여준다.

통통마디는 숙변, 변비, 소화불량, 위장병, 간염, 및 신장병의 치료제로 효과가 있다고 알려져 있어 한방 및 민간에서 오랫동안 사용되어 왔다 (박, 2009). 최근 건강에 대한 관심이 높아지면서 통통마디에 대한 사람들의 관심 또한 증가하였다. 전라도 신안군에서는 통통마디를 상업적 목적으로 대규모 재배하는 농장이 있어 지속적으로 통통마디를 생산해내고 있다. 그러나 그 외 지역, 특히 인천, 경기도 인근의 서해안 지역에서는 사람들이 통통마디 자생지를 찾아내어 무분별하게 채취해가고 있다. 2008년부터 관찰한 결과 대부분의 통통마디 자생지에서는 사람들에 의한 채취가 지속적으로 일어나고 있으며 채취되는 양 또한 적지 않았다. 통통마디를 채취하기 위해 대부도를 찾는 사람들을 탐문하였는데, 이들이 통통마디를 채취하는 목적은 건강기능식품으로 이용하기 위함이었다. 다른 예로 석모도 지역주민의 말에 따르면 석모도의 한 폐

염전 인근 지역에는 몇 십 년 전부터 통통마디가 넓게 분포하고 있었다. 그러나 외지에서 찾아오는 관광객들의 채취로 인해 그 수가 급격히 줄어들었고 최근에는 더 이상 통통마디가 자라지 않는다고 한다. 2008년 석모도를 찾아가 조사한 결과 통통마디 개체를 거의 찾아볼 수 없었다.

통통마디 채취가 많아지고, 통통마디 자생지가 인위적인 대량 채취로 위협받고 있지만 통통마디의 개체군 유지나 복원에 관련된 국내 연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 통통마디 자생지에 대한 기초 연구 및 통통마디 개체군 유지와 복원 연구의 일부로서 통통마디 종자의 발아 패턴 및 지속력을 확인하고 과거 통통마디가 자생했던 지역에 대한 복원 실험을 수행하여 통통마디의 보전 및 복원 연구에 대한 기초자료를 마련하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구지역 개요

인천광역시에 위치한 석모도, 수도권 매립지, 영종도 그리고 경기도 안산시 대부도를 연구 지역으로 선정하였다. 이 중 석모도는 과거에 통통마디가 서식했던 지역으로 현재는 통통마디를 찾아볼 수 없었고, 나머지 지역은 현재 통통마디가 자생하고 있고, 사람들의 채취가 일어나고 있는 지역이다. 각 조사지의 특징은 아래와 같다.

수도권 매립지(Fig. 1)는 인천광역시 서구 백석동에 위치하고 있다. 부지면적 1,979만 m<sup>2</sup>의 수도권 매립지는 2007년 7월 설립되었으며, 4개의 매립지와 기타시설로 이루어져 있다. 수도권 지역에서 발생하는 폐기물들이 수도권 매립지의 901만 m<sup>2</sup>의 면적에 위생 매립된다. 연구지역은 수도권 제2매립지의 서쪽 1 km 떨어진 곳에 위치하고 있다. 이 지역은 매립이 진행되고 있지 않으며 도로변에 위치하고 있다. 사람의 출입이 거의 없지만 통통마디의 채취를 목적으로 찾아오는 지역 주민이 있었다. 이 지역은 칠면초와 갈대(*Phragmites australis* Trin.)가 우점하고 있고, 통통마디도 넓게 분포하고 있다.

인천광역시 중구 영종도 공항북로 제방 변에 위치한 영종도 연구지역(Fig. 1)은 간척담수호가 유입되는



Fig. 1. Map of study sites. S: Seokmo Island. L: Landfill. Y: Youngjong Island. D: Daebu Island.

곳으로, 간척지이지만 1997년에 바닷물의 유입을 막는 북측제방이 완공 (송과 신, 1998)된 이후 물막이가 오랫동안 진행되고 있는 특징을 보인다. 이 지역은 담수호로 유입되는 지류를 따라 길게 형성되어 있으며 때때로 수위가 높아져 침수가 일어나기도 한다. 하류 지역에서는 침수와 더불어 상당한 양의 토사 퇴적이 진행되기 때문에 지대가 높은 몇몇 구역을 제외하면 식생이 서식하지 않는다. 이 지역은 칠면초, 갈대, 갯질경 (*Limonium tetragonum* Thunb.), 통통마디, 위성류 (*Tamarix chinensis* Lour.) 등의 식생이 서식하고 있으며 특징적으로 위성류 주변에 통통마디가 밀집하여 서식하는 경우가 관찰되기도 한다. 때문에 이 지역은 통통마디만 서식하는 곳과 통통마디가 위성류와 함께 서식하는 곳으로 나누어서 연구를 진행하였다.

경기도 안산시에 위치하고 있는 대부도(Fig. 1)는 시화호가 주변에 위치하며 섬이라고는 하지만 최근

퇴적현상이 가속화되어 육지와 빠르게 이어져 육지화 되어가고 있으며 해안선의 절반가량이 갯벌이다(조, 2008). 대부도 연구지역은 대부도 입구 지역 동쪽에 위치하고 있고 시화호와 인접해 있다. 넓게 펼쳐진 초지에 약 900 m<sup>2</sup>의 방형구를 설치하고 그 안에서 연구를 수행하였다. 연구지역으로부터 1.3 km 거리에 제방이 형성되어 있어 시화호와 단절되어 있으나 제방 안쪽의 물이 범람하여 연구지역 주변이 침수되기도 하였다. 제방 안쪽의 물은 다량의 조류를 포함하고 있어 침수 지역이 검은 조류층으로 덮이는 특징을 보였다.

석모도 남쪽의 폐염전 인근 지역(Fig. 1)은 과거에는 통통마디가 많이 서식하였으나 관광객들의 잦은 채취로 인해 몇 년 전부터 그 수가 급격히 줄어들었다고 한다. 실제로 2008년 가을 조사에서는 칠면초와 갯개미취 (*Aster tripolium* L.)가 조사 지역을 우점하고

있었고 통통마디 개체는 거의 찾아 볼 수 없었다. 연구 기간 외부인의 출입은 관측할 수 없었다.

## 2.2. 실험재료 및 분석방법

### 2.2.1. 발아지속 실험

#### 현장 발아지속

지표에 떨어져 있는 종자의 발아 지속을 관찰하기 위해 연구지역에서 발아하는 통통마디 유식물의 개체수를 일정 기간 동안 지속적으로 개수 하였다. 관찰을 위해 대부도, 영종도, 매립지 세 연구지역에 25 cm x 25 cm 방형구를 각각 10개씩 무작위로 설치하였다. 영종도의 경우 통통마디만 서식하는 곳과 통통마디가 위성류와 함께 서식하는 곳을 구분하여 각각 10개씩의 방형구를 설치하였다. 2009년 3월부터 7월 말까지 총 7번에 걸쳐 발아한 유식물의 개수를 세었으며, 개수한 유식물은 조심스럽게 뽑아내어 다음 번 조사 때 포함되지 않도록 하였다. 조사한 수치는 단위면적( $m^2$ )당 개체수로 변환하였다.

#### 제거구간의 발아지속

인위적인 채취나 자연 재해 등의 외부 교란에 의해 전 해에 종자가 생산되지 않았을 경우 해당 지역에서 발아하는 통통마디 유식물의 발아 지속을 관찰하기 위해 2008년에 대부도 연구 지역 내의 일정 지역을 벌초하고 방형구를 설치하였다. 대부분의 통통마디 종자가 부모개체로부터 1 m 이내에 떨어지는 (Aaron, 1987) 것을 고려하여 벌초 면적은 가로 5 m, 세로 5 m 정도로 하였으며, 구역 내 모든 식생을 제거하였다. 방형구의 크기는 50 cm x 50 cm 이고, 10개의 반복수를 두었다. 2009년 4월부터 7월 사이에 총 6회에 걸쳐 발아한 유식물의 개체수를 개수하였다. 개수한 유식물은 조심스럽게 뽑아내어 다음 번 조사 때 포함되지 않도록 하였다. 조사한 수치는 단위면적 ( $m^2$ )당 개체수로 변환하였다.

#### 토심에 따른 종자 보유와 발아지속

토양 속에 퇴적되어 있는 통통마디 종자의 발아를 관찰하기 위해 2009년 2월에 석모도, 대부도, 영종도, 매립지 네 곳의 연구지역에서 토양 시료를 채취하였다. 시료는 4 x 4 m 방형구 내에 '+' 모양을 그려서 '+'

모양의 동서남북 끝과 중앙에서 채취한 5개의 준시료(subsample)를 추출하여 합쳐서 준비하였다. 연구지역당 6개의 반복수를 두었고 각 방형구 사이의 거리는 5m를 유지하였다. 영종도의 경우 통통마디만 서식하는 곳과 통통마디가 위성류와 함께 서식하는 곳을 구분하여 시료를 채취하였다. 채취한 토양 시료는 현장에서 0 - 2 cm, 2 - 5 cm, 5 - 10 cm, 10 - 15 cm로 구분하여 5개의 준시료를 하나의 시료로 합쳐 밀봉한 뒤 저온실에 보관하였다. 토양 내 통통마디 종자의 양과 발아 정도를 확인하기 위해 유식물 발아실험 방법(Seedling emergence experiment)을 이용하였다 (Valk and Davis, 1978). 먼저 바닥에 촘촘한 구멍이 뚫린 가로 21 cm, 세로 17 cm, 높이 7 cm 플라스틱 상자의 바닥에 부직포를 깔아 토양의 유실을 막고 상토를 2 cm 정도 깔아준 뒤 그 위에 토양 시료를 두께가 약 1cm가 되도록 골고루 펼쳐 깔았다. 토심 0 - 2 cm, 2 - 5 cm인 시료는 각각 500 mL, 750 mL를 깔았고, 나머지 깊이의 토양 시료는 625 mL씩을 펼쳐주었다. 5개의 지역에서 6개의 반복수를 두어 4개의 토양 깊이 별로 각각 30개씩의 토양처리구를 만들었다. 대조구를 만들기 위해 상토만 깔아준 처리구를 4개 만들었다. 이후 토양의 상태를 매일 살펴 토양이 마르지 않도록 유지하였다.

2009년 3월부터 6월까지 서울대학교 교내 온실에서 발아실험을 진행하였다. 총 9회에 걸쳐 발아하는 통통마디 유식물의 개체수를 세었고, 7월 이후로는 발아하는 개체가 없었기 때문에 조사를 더 이상 진행하지 않았다. 개수한 유식물은 조심스럽게 뽑아내어 다음 번 조사 때 포함되지 않도록 하였다. 조사한 수치는 단위면적 ( $m^2$ )당 개체수로 변환하였다.

### 2.2.2. 복원 실험

#### 종자 살포

2009년 3월부터 10월까지 8개월간, 석모도 연구지역에서 통통마디의 복원 실험을 진행하였다. 종자 살포 시 종자의 정착과 발아 효율을 높이는 요인을 알아 보기 위해 땅을 갈아주는 처리와 바닷물을 뿌리는 처리를 하였다. 땅을 갈아주는 것으로 종자의 토양 정착률을 높일 수 있을 것으로 기대하였고, 바닷물을 뿌려 주었을 때 토양의 염도를 높여 다른 식물들의 발아를

억제할 수 있을 것으로 기대하였다. 석모도 연구지역에 갈대로 경계가 이루어진 400 m<sup>2</sup> 면적의 정사각형 모양의 자연 방형구를 8개 설정하여 그 중 4개는 실험구로 사용하고, 나머지 4개는 종자 살포지역과 비 살포지역을 비교하기 위한 대조구로 활용하였다. 실험구인 자연 방형구 내에 가로, 세로 각각 2 m인 방형구를 4개씩 설치하여 종자를 뿌리기 전에 땅을 갈아주는 처리구, 인근의 해수를 뿌리고 종자를 살포하는 처리구, 그리고 2개의 대조구로 구분하였다. 땅을 갈 때는 갈퀴를 이용하여 토심 약 10 cm 내의 표층을 갈아주었고, 해수는 m<sup>2</sup> 당 5 L씩을 파종 전에 1회 처리하였다. 각 방형구당 4 g, 약 25,000개의 통통마디 종자를 뿌려주었다. 10월에 각 방형구를 조사하여 발아한 통통마디 개체수를 개수하였다. 조사한 수치는 단위면적(m<sup>2</sup>)당 개체수로 변환하였다.

종자 살포지역과 비 살포지역 모니터링

2009년 6월과 10월 조사에서 종자를 살포한 2 x 2 m 방형구 외부에서도 많은 수의 통통마디를 발견할 수 있었다. 주로 방형구 주변에서 발견되었는데 그 수가 많았기 때문에 개체수를 세어 비교하였다. 방형구를 설치하고 종자를 뿌려준 자연 방형구 4개와 종자를 뿌리지 않은 자연 방형구 4개를 설정하고 자연 방형구 내의 통통마디 수를 세었다. 자연 방형구는 면적이 넓고 자연적으로 구획이 나누어져 있어, 2인 1조로 줄자를 1.5 m 길이로 맞잡고 걸어가면서 돌 사이에 보이는 통통마디의 수를 세었다.

2.2.3. 통계처리

각 수치들을 비교하기 위해 분산분석 (ANOVA)을 실시하였다. 각 조사 결과의 평균값은 Duncan 검정으로 비교하였으며, 통계 처리 프로그램은 SAS 9.1 (SAS Institute Inc. 2006)을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 발아지속

2009년 당 해의 현장 발아 지속

대부도, 영종도, 위성류, 매립지에서 관찰한 통통마디 유식물 수를 Fig. 2 로 나타내었다. 4월 초까지는 대부도에서 단위면적 당 약 39,000 여 개의 유식물을

관찰하는 등 전체적으로 많은 수의 통통마디 종자가 발아하였으나 4월 16일 이후로는 개체수가 급격히 줄어들기 시작하였다. 6월에는 모든 지역에서 아주 적은 수의 유식물이 관찰되었고 7월부터는 발아가 거의 일어나지 않았다.

제거구간의 발아 지속

대부도 제거구간에서 측정한 통통마디 발아 개체수를 Fig. 2 로 나타내었다. 제거구간은 현장에서 관찰한 다른 지역에 비해 극히 낮은 발아수를 보였다. 전 관찰 기간 동안 지속적으로 낮은 발아 양상을 보였지만 이 구간 역시 7월부터는 발아가 일어나지 않았다.

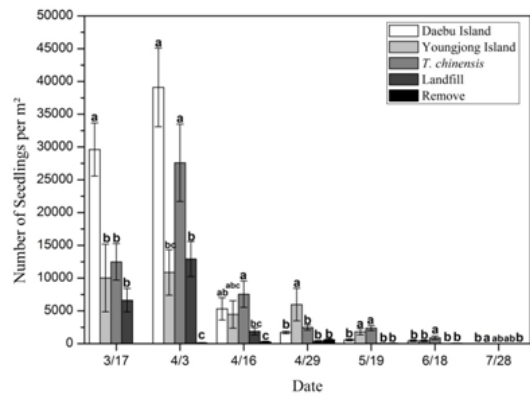
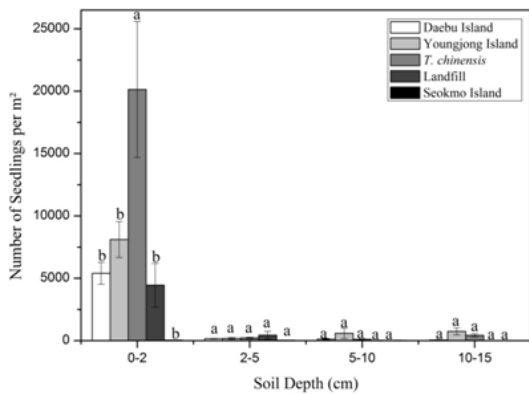


Fig. 2. Number of *S. europaea* seedlings per m<sup>2</sup>. The data are presented as the mean ± SE of 10 replicates. The data of each date are statistically analyzed separately. The means followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 (Duncan's multiple range test).

토심에 따른 통통마디 종자보유와 매토종자의 발아력이 실험은 통통마디가 봄에 집중적으로 발아한 후 토양 내에 통통마디의 종자가 거의 남지 않는다고 보고한 Beeftink의 연구(Beeftink, 1985)를 바탕으로, 통통마디 종자는 지표면에 가장 많이 있을 것이고 토심이 깊어지면 그 수가 급격히 줄어들 것이라는 가설을 설정하고 이를 확인하기 위해 진행되었다. 또한 통통마디의 복원이라는 측면에서 깊이 별 매토종자의 발아력을 확인해보고자 각 깊이의 토양을 표면에 동일하게 노출시켜 종자의 발아양상을 살펴보았다. 그 결

과 토양 깊이에 따른 통통마디 종자의 발아 양상은 뚜렷한 차이를 보였다(Fig. 3). 전체 처리구 중 깊이 0 - 2 cm 의 토양에서 가장 많은 통통마디가 발아하였고 지역별로는 위성류 토양에서 가장 많은 수가 발아하였다. 나머지 토양 깊이에서는 모든 지역에서 아주 적은 수의 개체가 발아하였다. 석모도 토양에서는 토양 깊이에 관계 없이 적은 수의 개체수가 관찰되었다. 통통마디는 모든 지역의 0 - 2 cm 깊이 토양에서 가장 많이 발아하였고, 나머지 토양 깊이에서는 지역별 혹은 깊이 별로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이는 Beeftink의 연구결과와도 일치한다. 영종도와 위성류 연구지역을 모두 포함하는 인천 영종도 지역은 같은 토양 깊이에서 다른 지역에 비해 많은 수의 통통마디가 발아하였다.

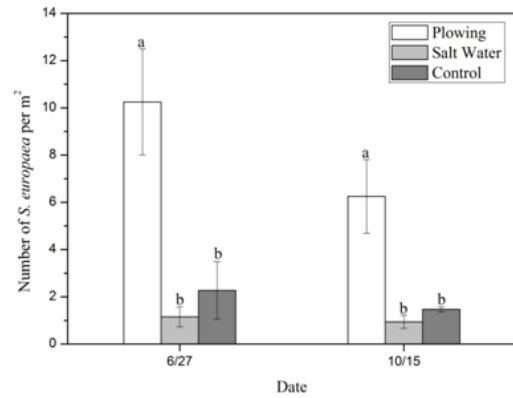


**Fig. 3.** Number of *S. europaea* seedlings per m<sup>2</sup> according to soil depth. The data are presented as the mean ± SE of 6 replicates. The data of each soil depth are statistically analyzed separately. The means followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 (Duncan's multiple range test).

### 3.2. 재도입 모니터링

#### 방형구 설치 모니터링

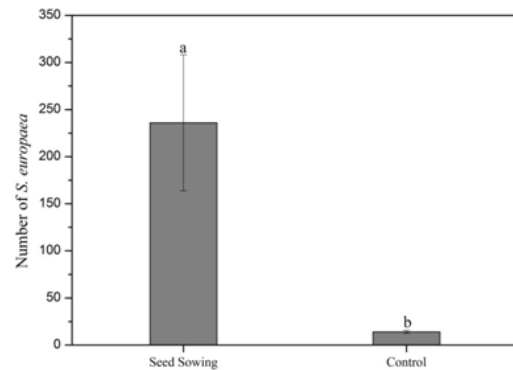
방형구 설치 모니터링 결과는 땅을 갈아준 처리구에서 가장 많은 통통마디가 발아했음을 보여주었다(Fig. 4). 그러나 뿌려준 통통마디 종자수 (처리구 당 약 25,000개) 에 비해서는 정착한 통통마디의 수의 비율이 1 : 2,500으로 너무 낮았다. 해수를 뿌려준 처리구는 대조군과 유의미한 차이를 보이지 않았다.



**Fig. 4.** Number of *S. europaea* per m<sup>2</sup> in seed sowing site. The data are presented as the mean ± SE of 4 replicates. The data of each date are statistically analyzed separately. The means followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 (Duncan's multiple range test).

#### 종자 살포지역과 비 살포지역 모니터링

재도입 실험을 수행한 석모도 지역을 통통마디 종자를 뿌린 자연방형구와 뿌리지 않은 대조군으로 구분했을 때, 종자를 뿌려준 자연방형구에서 대조군에 비해 훨씬 많은 수의 통통마디가 발아하고 정착하였다(Fig. 5).



**Fig. 5.** Number of *S. europaea* per 400 m<sup>2</sup> in seed sowing quadrat and control. The data are presented as the mean ± SE of 4 replicates. The means followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 (Duncan's multiple range test).

#### 4. 결론

발아지속력 실험의 결과들로부터 통통마디의 종자 발아 양상을 알 수 있다. 통통마디는 이른 봄에 집중적으로 발아하고, 전년도에 생산된 종자의 대부분이 6월 이전에 발아한다. 7월 이후에 온실에서 통통마디 종자가 발아하는 것을 확인하였으므로 실험지역에서 통통마디 종자가 발아하지 않은 것은 환경의 영향이 아니라 발아할 종자가 없기 때문인 것으로 생각된다. Beefink(1985)도 봄에 발아하고 난 후 토양 내에 통통마디의 종자가 거의 남지 않는다고 하였다. 실험지역을 관찰하고 탐문하여 사람들이 주로 8월 이후에 통통마디를 집중적으로 수확함을 알 수 있었다. 그러나 통통마디는 6월 이전에 대부분 발아하여 종자가 거의 남아 있지 않고, 종자의 저장력 또한 낮다. 또한 통통마디 종자는 부모개체 주변에 집중적으로 떨어지기 때문에 8월 이후에 일정 지역의 통통마디를 채취하는 것은 자생지의 통통마디 개체군에 치명적인 영향을 미칠 수 있다.

석모도 지역에서 시행된 통통마디 재도입 실험은 방형구 안쪽보다 바깥쪽에서 더 많은 통통마디가 발아하였기 때문에 땅을 갈아주는 방법과 해수를 뿌리는 방법이 통통마디의 발아와 주변종과의 경쟁에 미치는 영향에 대한 정확한 결론을 내리기 어려웠다. 그러나 전체 방형구 중 땅을 갈아준 처리구에서 가장 많은 통통마디가 발아한 것으로 미루어 볼 때, 이 방법은 실험에 사용한 다른 방법들보다 통통마디 종자의 정착에 더 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다. 따라서 향후 특정 구역에 통통마디를 재도입하기 위해서는 초기에 통통마디 종자를 정착시켜줄 처리가 필요할 것으로 보인다. 덧붙여 통통마디는 갈대와 같은 다년생에 의해 가려질 때 발아와 생장이 억제되기 때문에 (Aaron, 1987), 재도입 지역을 선정할 때 기존 식생을 고려할 필요가 있다. 뿌려준 종자에 비해 발아와 종자 생산에 성공한 개체 수는 적지만, 통통마디 종자를 뿌려준 자연방형구와 뿌려주지 않은 자연방형구 내의 통통마디 개체수 차이로부터 통통마디의 재도입이 해당년에 성공적으로 진행되었음을 알 수 있다. 실험 2년 차인 2010년 4월 석모도의 재도입 지역을 찾았을 때 통통마디 유식물들이 이미 고사한 부모개체 주변

에 동심원을 그리며 밀집하여 발아하는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 통통마디 종자가 부모개체 가까이에 떨어진다는 Aaron(1987)의 연구 결과와 일치한다.

통통마디는 초기 개척식물로서 해안 염습지와 간척지의 천이과정에서 중요한 역할을 수행한다. 통통마디가 정착함으로써 다른 염생식물들이 뒤따라 출현할 수 있고, 생태계가 안정적으로 구성된다. 또한 통통마디 재배지에서 일어나고 있는 해충에 의한 대량 피해는 통통마디 자생지를 보전하고 통통마디의 유전적 다양성을 유지해야 할 필요성을 제시하고 있다. 수도권 인근의 통통마디 자생지가 사람들에게 의해 상당수 훼손되고 있다. 대부도의 경우 많은 양의 통통마디가 식용을 목적으로 채취되고 있고, 일부 농민들은 통통마디 자생지 내의 넓은 지역을 농지로 불법 개간하여 이용하고 있다. 현장에서 관찰한 바로는 통통마디의 개화시기는 10월 전후이기 때문에 사람들이 집중적으로 통통마디를 수확하는 8 - 10 월은 아직 종자를 채취지 못한 시기이다. 통통마디 종자는 이른 봄에 집중적으로 발아하고, 전년도에 생산된 종자는 이듬 해에 대부분 발아하기 때문에 토양 퇴적층 내에 휴면하는 종자의 수도 매우 적다. 또한 통통마디 종자는 물에 휩쓸리지 않는 이상 부모개체로부터 멀리 떨어지지 않기 때문에 일정 면적의 통통마디가 모두 수확되면 그 자리는 칠면초, 나문재, 갯개미자리 등의 다른 경쟁식물이 우점하게 된다. 토양 내 염분농도가 낮아지게 되면 염생식물들이 우점하던 지역을 갈대가 대체하게 되는데, 한 번 갈대가 우점한 지역은 통통마디나 칠면초 같은 키가 작은 염생식물이 다시 진출하기가 쉽지 않다. 이상의 정보들을 고려해볼 때, 자생지의 통통마디 개체군을 유지하기 위해서는 먼저 종자의 지속적인 공급이 필요하다. 통통마디 종자는 부모개체가 말라가면서 떨어지기 때문에 종자가 생산된 이후에 수확하는 것은 식용으로 적합하지 않다. 때문에 통통마디를 수확하는 사람들에게 종자 생산 기간 이후에 수확할 것을 권하는 것은 무리가 있을 것으로 생각된다. 종자의 분산거리와 종자생산량을 감안하여 일정 거리마다 소수의 통통마디 개체를 남겨두는 것이 개체군 유지의 한 가지 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

통통마디는 응용가능성이 높은 식물이다. 러시아에서는 통통마디를 이용하여 사람이 배출하는 질소오

염분을 정화하는 연구를 하고 있다 (Tikhomirova 등, 2005, 2008, 2009). 통통마디의 내염성 유전자 또한 작물 재배와 관련하여 연구되고 있고, 건강식품으로서의 가능성 또한 크다. 통통마디 개체군 유지 연구와 과거에 통통마디가 서식했던 지역을 복원하는 연구는 우리에게 유용한 정보를 제공할 수 있고, 이는 통통마디의 지속적인 이용을 가능하게 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- 박춘영, 2009, 통통마디의 지역적 변이에 대한 분자생물학적 연구, 목포대학교 대학원.
- 송무영, 신광수, 1998, 영종도 주변의 인공위성 영상 분석, 대한지질공학회 학술발표회논문집, 1-4.
- 이창복, 1980, 대한식물도감, 향문사, 306.
- 임병선, 이점숙, 우제창, 곽애경, 임현빈, 1995, 염분농도의 변화에 따른 수 중 염생식물의 적응.
- 조용주, 2008, 침출수 정화용 갈대 선발을 위한 생태생리 및 유전적 다양성, 서울대학교 대학원.
- Aaron, M. E., 1987. Effects of competition, disturbance, and herbivory on *Salicornia europaea*, Ecology, 68(3), 576-586.
- Beefink, W. G., 1985, Population dynamics of annual *Salicornia europaea* species in the tidal salt marshes of the Oosterschelde, the Netherlands, Plant Ecology, 61(1), 127-136.
- Breckle, S. W., 1990, Salinity tolerance of different halophyte types in N. Bassam and M. Dambroth, genetic Aspects of plant mineral nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 167-175.
- Chabreck, R. H., 1987, Coastal marshes. University of Minesotta Press, 3.
- Kinzel, H., 1989, Calcium in the vacuoles and cell wall of plant tissue, Flora, 182, 99-125.
- Tikhomirova, N. A., Ushakova, S. A., Kovalena, N. P., Gribovskaya, I. V., Tikhomirov, A. A., 2005, Influence of high concentrations of mineral salts on production process and NaCl accumulation by *Salicornia europaea* plants as a constituent of the LSS phototroph link. Advances in Space Research, 35(9), 1589-1593.
- Tikhomirova, N. A., Ushakova, S. A., Kalacheva, G. S., 2009, Production process in *Salicornia europaea* plants as a prospective phototrophic constituent in bioregenerative life support systems, Russian Journal of Plant Physiology, 56(1), 22-28.
- Tikhomirova, N. A., Ushakova, S. A., Tikhomirov, A. A., Kalacheva, G. S., Gros, J. B., 2008, Possibility of *Salicornia europaea* use for the human liquid wastes inclusion into BLSS intrasystem mass exchange, Acta Astronautica, 63, 1106-1110.
- van der Valk, A. G., Davis, C. B., 1978, The role of seed banks in the vegetation dynamics of prairie glacial marshes, Ecology, 59, 322-335.