

조간대 내에서 칠면초(*Suaeda japonica*) 종자의 분포 및 매토 특성

민 병 미*

단국대학교 사범대학 과학교육과

Seed Distribution and Burial Properties of *Suaeda japonica* in Tidal-flat

Min, Byeong Mee

Department of Science Education, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

ABSTRACT: To clarify seed distribution in sediment and its burial properties of *Suaeda japonica*, the vertical and horizontal distribution of seeds, organic content of sediment, and sediment content delivered by crabs were studied in mud tidal-flat of Walgot-dong, Siheung, Gyeonggi Province, from March 1999 to October 2000. The 94% and 6% of *S. japonica* seeds were buried under and outside the maternal plant crown, respectively. Organic matter contents of sediment were higher at the area (17%) covered than at the one (8%) uncovered by *S. japonica*. In the area covered by *S. suaeda*, organic matter profiles of sediment showed vertical variation from 19% in surface (1 cm depth) to 14% in 6 cm depth. *S. japonica* seeds buried in sediment decreased from 45% in 2 mm depth to 0% in 12 mm depth. The density of crabs was higher in the vegetated area than in the non-vegetated one. Especially, the density of *Cleistostoma* was about 8 times higher in the former than in the latter. In the vegetated area, the amount of sediment delivered by crabs was estimated to be 2,409 cm³ · m⁻², and this could ascend the height of sediment to 2.4 mm. Consequently, it might be interpreted that plant debris (organic matters) of maternal plants and sediment delivered by crabs made the *S. japonica* seeds bury well. By relationship between crab distribution and vegetation, it was thought that crabs got a benefit from *S. japonica*.

Key words: Burial, Crab, Sediment, Seed, *Suaeda japonica*, Tidal-flat, Vegetated area

서론

한 식물 종이 군락을 형성하는데 가장 중요한 것은 모체로부터 전파체(propagule)의 이동이다(Rabinowitz 1979, Aguiar and Sala 1997). 이때 전파체는 다양한 형태로 이루어질 수 있으나 일년생 식물에서 전파체는 주로 종자이다(Harper 1977, Silvertown 1982). 따라서 일년생 식물에서 종자의 생산량, 산포, 발아율 및 사망률은 개체군의 동태를 결정하는 중요한 요인이 되고 있다. 종자로부터 하나의 성숙한 개체가 되기까지에는 여러 가지 요인이 작용하고 있으며, 이 중 종자의 산포와 발아는 첫 단계로 볼 수 있다. 종자의 산포는 물리적 혹은 생물의 힘에 의하여 이루어지는데 식물은 가능한 한 멀리 종자를 산포시켜 종 내의 경쟁을 약화시키고 있다. 그러나 종자의 산포가 물리적인 힘에 의한 경우 특수한 비산기작이 없는 한 모체로부터 이동되는 거리는 매우 한정된다(Harper 1977, Hubbell 1980, Bigwood and Inouye 1988, Dalling *et al.* 1998, Min 2000). 이로 인하여 대부분의 종자는 모체와 가까운 곳에 떨어지며 모체로부터 멀어질수록 급격히 수가 감소한다(Watkinson 1978, Bigwood and Inouye 1988). 또한 종자가 지면에 산포된 후 수평으로의 이동은 지면

의 이질성에 따라 달라진다(Harper *et al.* 1965). 즉, 종자가 이동하는 거리는 종자의 물리적인 특성뿐만 아니라 지면의 요철 정도에 따라 다른데 매끈할수록 멀리 이동한다(Watkinson 1978, Huiskes *et al.* 1995). 조간대에서 지면이 거칠거나 매끄러운 정도는 여러 가지 요인으로부터 올 수 있으나 그 중의 하나는 동일 지역에 서식하고 있는 헬거성 동물의 활동에 의한 것이다.

한편, 산포된 종자가 성공적으로 발아하기 위해서는 내적 및 외적 요인이 적합해야 하는데 전자로는 종자의 충실도이며(Harper and White 1974), 후자로는 종자가 위치한 주변의 물리적 환경으로 빛의 질과 양, 토양의 온도와 수분 등이 있다(Willis and Groves 1991, Bell 1993). 또한 동일한 지역이라도 문힌 깊이에 따라 종자에 미치는 미기후가 달라지는데 온대지방에서 이른 봄 알개 문힌 종자는 비교적 이른 시기에 발아를 하지만 깊게 문힐 경우는 다소 늦은 시기에 발아한다. 종자가 수직으로 이동하는 과정은 물리적 혹은 생물적 요인에 의하여 이루어진다. 전자로는 작은 종자가 빗물에 의해 하층으로 이동하거나 토양이 건조해지면서 틈이 생기고 그 사이로 이동하는 경우이다. 그리고 후자로는 두더쥐, 지렁이 혹은 다른 헬거성 동물이 만든 틈으로 이동하는 경우이다(Bigwood and Inouye 1988). 그러나 종자가 토양에 묻히는 과정은 종자의 특성 즉, 크기, 무게, 모양, 종피나

* Corresponding author; Phone: +82-2-709-2651, e-mail: bmeemin@hanmail.net

부속기관 등과 물리적 환경에 따라 다르기 때문에 각각의 종들에 대한 정밀한 조사가 필요하다(Bigwood and Inouye 1988).

칠면초는 명아주과의 일년생 식물로 한국 서해안 조간대에 대단위로 분포하고 있으며 세계적으로 구분된 해안식생 중 Sino-Japanese group의 대표종이다(Hong 1956, Chapman 1975). 이 종이 속한 *Suaeda*속 식물은 전형적인 염생식물이며 토양의 염분에 따라 다양한 색상을 발현함으로써 해안 경관을 아름답게 한다. 이 종은 범세계적인 분포로 인하여 이에 대한 연구는 내염성의 기작이나 분포에 미치는 환경요인의 측면에서 대단히 많이 이루어졌다(Waisel 1972, Reimold and Queen 1974). 이들 연구에 의하면 이 종은 체내에 염분과 수분을 많이 축적하여 다육성의 형태를 띠고 있으며, 사체나 체표를 통해서도 염분을 체외로 배출하고 있다(Poljakoff-Mayber and Gale 1975). 칠면초 역시 다른 염생식물과 같이 분포에 영향을 미치는 환경요인으로는 해수의 침수시간과 염분농도이다(Hinde 1954). 한국에서 *Suaeda*속 식물에 대한 연구로는 생리적인 특성(Ihm and Lee 1985, 1986, Ihm et al. 1995a), 분포 특성(Kim et al. 1975, Ihm et al. 1995b, Min and Kim 1999), 생육에 미치는 환경요인(Ihm and Lee 1986, Ihm et al. 1995b)이나, 지역에 따른 형태적 차이(Lee and Oh 1989) 등이 있다. 그러나 종자에 의해 번식하는 일년생 식물임에도 불구하고 대부분 오랜 동안 동일한 지역에 유사한 면적의 식생을 형성하고 있지만 종자를 중심으로 한 개체군의 특성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 한국 서해안 조간대의 대표적 식생인 칠면초 군락이 동일한 지역에서 오랫동안 식생을 유지할 수 있는 원인을 규명하는 데 있다. 이를 위하여 칠면초 종자가 모체로부터 분산되는 특징과 저질에 묻히는 과정 중 같이 서식하는 갑각류가 형성한 둔덕이 종자를 매도할 수 있는 가능성을 추정하였다.

조사지의 개황

본 조사지는 경기도 시흥시 월곶동 (37°20'43"N, 126°45'26"E)이다(Fig. 1). 제방의 외측은 만조시 해수가 수로를 따라 내륙 깊숙이 유입되고 있으며, 수로의 가장 낮은 바닥은 주변의 평탄한 지역보다 6~7 m 정도 낮다. 따라서 수로 주변의 평탄한 지역은 해수가 사리 전후 7~8회, 조금 전후 1~2회 정도만 침수하며 이외에는 지하수의 형태로 영향을 받고 있다. 표면은 대부분은 습윤한 상태로 존재하여 조간대의 특징을 보이고 있으나 오랜 동안 해수가 침수되지 않는 때에는 건조하여 균열이 생기기도 한다. 이 평탄면은 작은 수로에 의하여 다소 굴곡이 있고 이외에 계에 의한 구멍 흔적으로 표면은 요철이 매우 심하다. 한편, 제방의 내측은 과거에 염전으로 사용하였지만 현재에는 이용하지 않기 때문에 더 이상 해수의 영향을 받지 않고 계속 염분이 세탈되고 있는 상태이다. 본 연구의 조사 지역은 제방 외측의 고위 평탄지로 이 지역에서 관찰되는 계는 방게류(*Helica*), 세스랑게류(*Clelostoma*), 콩게류(*Ilyoplax*) 및 농게류

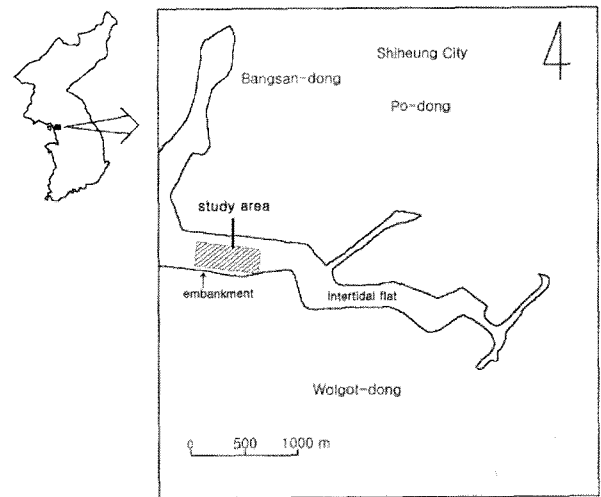


Fig. 1. The map showing the study area.

(*Uca*)이었으며 개체수가 많은 것은 농게류와 세스랑게류이었다. 칠면초는 고위 간석지의 평탄한 지역에 생육하고 있으며 식생의 대부분을 차지하고 있다. 여기에는 칠면초외에 비쭉(*Artemisia scoparia*)과 갯개미취(*Aster tripolium*)가 생육하고 있으며 제방의 하부에는 갈대(*Phragmites communis*)와 천일사초(*Carex scabrifolia*)가 분포한다. 그리고 지대가 다소 높은 곳에는 모새달(*Phacelus latifolius*)이 군락을 이루고 있다. 저질은 대부분 점토(50%)와 미사(45%)로 구성되어 있으며 지하 수위는 간만조의 시기에 따라 다양하다. 인근의 측후소(Korea Meteorological Administration 1991)인 인천의 자료에 의하면 조사지역의 연평균 기온은 12.0°C, 연평균 강수량은 1,233 mm이다.

재료 및 방법

본 조사는 1999년 3월부터 2000년 10월까지 야외 조사를 실시하였다. 먼저 종자의 수평적 분포를 조사하기 위하여 2000년 3월 16일 다른 개체와 격리되어 있으며 모체가 직립한 것 5개를 선정하였다. Fig. 2와 같이 가지의 가장자리를 지면에 수직하게 모사하여 경계를 정한 뒤 모체 내와 밖으로 구분하여 각각 발아한 개체를 세었다. 그러나 모체의 줄기로부터 격리된 거리에 따른 종자의 산포는 가지가 난 방향에 따라 다양하였기 때문에 무시하였다. 그리고 모체의 크기는 40~45 cm, 건량은 9~15 g이었으며 이는 대체로 평균치에 속하는 것이었다. 토양 내 종자의 수직분포 조사를 위하여 2000년 2월 10일 직경 9 cm 플라스틱 원통을 사용하여 표면에 균열이 없는 지역을 정하여 무작위로 10개를 깊이 5 cm까지 채취한 후 실험실로 운반하여 분무기와 핀셋으로 토양이나 유기물 입자를 제거하면서 종자가 묻힌 깊이를 2mm 단위로 측정하였다. 이외는 별도로 토양의 유기물 함량을 측정하기 위하여 각각 칠면초가 있는 지역과 없는 지역에서 3개씩 채취하여 1 cm 깊이 간격으로 절단하여 105°C에서 건조시켰다. 이 건조 토양을 550°C 전기로에서 4시간 작열 후 작열

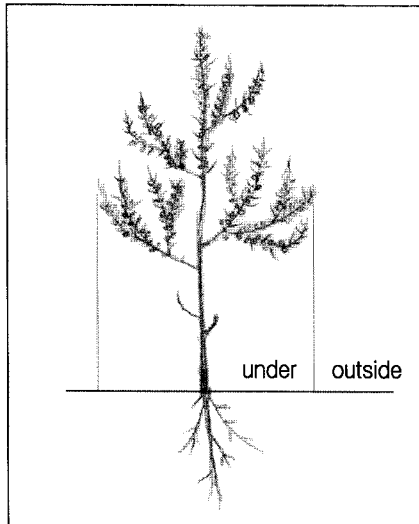


Fig. 2. Schematic diagram showing the boundary between under and outside of maternal plant crown.

소실량으로 유기물량을 산출하였다.

한편, 계에 대한 자료는, 1999년 3월 14일 칠면초가 분포한 지역과 없는 지역에서 각각 1 m × 1 m 방형구를 각각 5개씩 설치하고 계 구멍의 수와 크기를 측정하였다. 이 때 계 구멍의 크기는 장경과 단경으로부터 면적을 cm²로 산출하였다. 계의 크기와 계가 파낸 저질의 양을 파악하기 위해 1999년 7월 15일 세스랑계류가 새로 파 올린 저질 덩어리(계둔덕) 10개에서 저질을 채취하고 계를 포획하였다. 농계류가 형성한 계 둔덕의 저질을 정확히 채취하기가 어려워 세스랑계류의 건량과 비교하여 저질의 양을 추정하였다.

결 과

1. 칠면초 종자의 수평적 분포

모체로부터 산포된 종자의 수관 내·외의 상대적인 분포는 Table 1과 같다. 한 개체로부터 생산되어 발아하는 종자는 수는 510~1,255개로 모체의 크기에 따라 큰 차이가 있었다. 그런데 모체의 아래에서 발아하는 개체는 94%로 나타났다. 따라서 대부분의 종자는 모체의 아래에 산포되는 것으로 볼 수 있었다.

2. 토양의 깊이별 매토 종자의 수

칠면초가 분포한 지역과 없는 지역에서 토양의 깊이별 유기

Table 1. The number of seedlings under and outside of maternal plants (n=5, mean ± SD)

	Under	Outside	Total (range)
Number of seedlings	785±142	53±34	838±161(510~1255)
Percentage	94± 17	6± 4	100

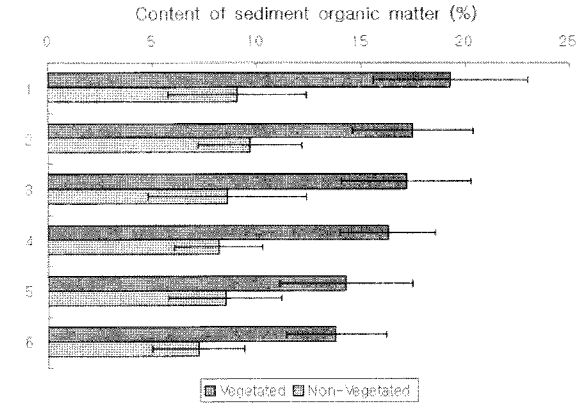


Fig. 3. The changes of organic matter content along sediment depth. Horizontal bars indicate standard deviation.

물 함량은 Fig. 3과 같다. 유기물의 함량은 표면으로부터 깊어질수록 감소하였다. 그리고 식생이 있는 지역의 표토(0~1 cm)는 19.3%로 높았지만 없는 지역의 것은 9.1%로 낮았다. 표면으로부터 6 cm 깊이에서도 두 지소의 차이는 현저하였다.

한편, 칠면초 근각이 형성된 지역에서 저질, 종자 및 식물 고사체의 분포를 모식적으로 나타내면 Fig. 4와 같다. 토양에서 발견되는 식물의 고사체는 길이가 3 cm 이내의 것으로 가늘고 흰색을 띠고 있었다. 이들은 주로 수평으로 위치하고 있었으며 하층으로 갈수록 그 양이 감소하고 있었다.

Fig. 5는 저질의 깊이에 따른 종자의 분포를 나타낸다. 먼저

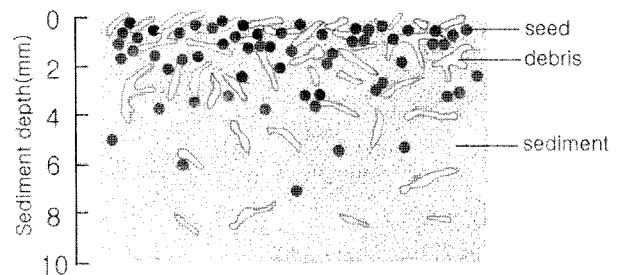


Fig. 4. Schematic diagram of seed, sediment and plant debris of *S. japonica* in the upper layer of sediment.

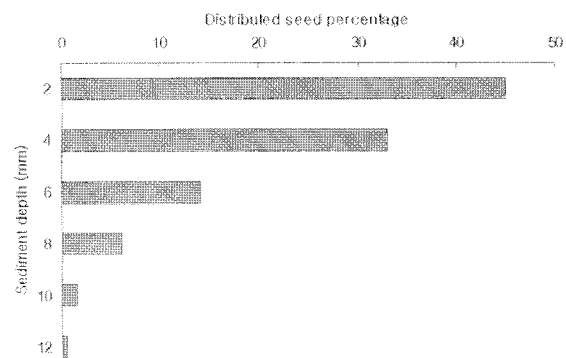


Fig. 5. Distributed seed percentage of *S. japonica* along the sediment depth (cm).

식생이 있는 지역에서는 하층으로 갈수록 종자의 수는 급격히 감소하였다. 총 종자 중 지표면에서 2 mm 이내에는 45.3%, 2-4 mm에는 33.1%로 전체의 78.4%가 4 mm 이내의 표토에 매토되어 있었으며 21.6%만이 4~14 mm에 묻혀 있었다. 특히 10 mm 이하에는 0.4% 미만만 분포하는 것으로 나타났다. 그러나 식생이 없는 지역에서는 종자나 식물의 고사체 입자를 거의 발견할 수 없었다.

3. 게 구멍의 수와 크기

단위 면적 당 게 구멍의 수와 크기는 Table 2와 같다. 비식생지에는 평균 1개 미만이었으며 식생지는 69개로 후자가 월등히 많았다. 그러나 게 구멍의 크기는 비식생지가 식생지의 것보다 약 2배로 월등히 큰 것으로 나타났다.

4. 게의 종류와 생물량

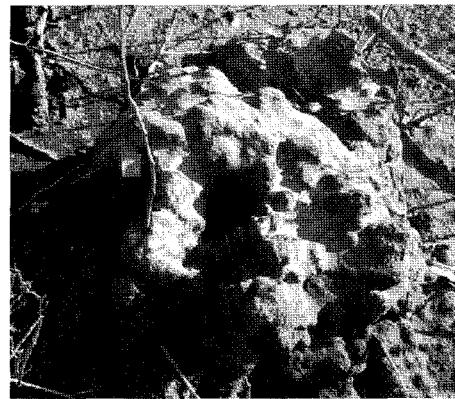
두 지소에서 포획한 게의 종류, 밀도 및 생물량은 Table 3과 같다. 본 지역에는 조사된 게는 농게류(*Uca*)와 세스랑게류(*Cleistostoma*)의 두 종류이었다. 비식생지에는 농게만 서식하고 있었고 식생지에는 농게와 세스랑게가 분포하였다. 비식생지의 농게는 식생지에 비하여 밀도는 대단히 낮으나 개체당 크기는 더 컸다. 한편, 식생지에서 세스랑게류는 농게류보다 밀도는 2.8배 높았지만 생물량은 65%에 불과하였다.

5. 게 구멍 둔덕 크기와 저질의 양

게 구멍 상부에 형성된 게둔덕은 Fig. 6과 같이 비식생지에서는 한 종류가, 식생지에서는 두 종류가 확인되었다. A형은 농게류가 형성한 것으로서 두 지소에 공통으로 분포하였으나 B형은 세스랑게류의 것으로서 식생지에만 나타났다. 각 게 둔덕의 특성은 Table 4와 같다. 게 둔덕의 높이와 구멍의 크기에 있어 A-type의 경우 각각 10 cm 및 14 cm² 이상이었으며 B-type의 것은 각각 3.5 cm, 7.9 cm²에 불과하였다. 따라서 전자가 후자보다



A-type



B-type

Fig. 6. Photograph showing the two different shapes of crab holes and mounds formed by crab species. A-type and B-type were formed by *Uca* sp. and *Cleistostoma* sp., respectively.

Table 2. The number and size of crab holes at the two different sites (n=5, mean ± SD)

Attributes	Non-vegetated site		Vegetated site	
	Mean	SD	Mean	SD
No. of crab holes per square meter	0.9±0.3		68.9±22.4	
Mean size of crab holes (cm ²)	17.5±3.2		9.2± 3.7	

Table 3. Density (individual · m⁻²) and biomass (g · dry weight · m⁻²) of *Cleistostoma* sp. and *Uca* sp.

Species	Non-vegetated sites		Vegetated sites	
	Density	Biomass	Density	Biomass
<i>Cleistostoma</i> sp.	-	-	25.3	120.4
<i>Uca</i> sp.	0.9	13.2	9.3	183.8

Table 4. The properties of crab hole mounds (n=5, mean ± SD). A-type and B-type show the hole of *Uca* sp. and *Cleistostoma* sp.

Properties of crab mounds	Unvegetated sites		Vegetated sites	
	A-type	SD	A-type	B-type
Height (cm)	11.5±	2.3	10.2±	3.1
Size (cm ²)	16.4±	4.2	14.8±	3.9
Dry weight (g per mound)	505.3±	330.7	438.4±	263.6
Dry weight (g · m ⁻²)	455.0±	297.6	4077.1±	2451.5
			2259.3±	1401.6

컸다. 구멍의 모양에 있어서 전자는 다소 둥근 형태를 띠고 있었으나 후자는 긴 타원형이었다. 한편, 게둔덕의 저질량은 비식생지에서 505.3 g, 식생지에서 438.4 g(B-type 89.3 g)이었다. 따라서 게 둔덕당 평균 무게는 식생이 있는 지역의 것이 다소 적은 것으로 나타났다. 그러나 단위 면적 당 총 게 둔덕의 양은 비식생지가 455 g, 식생지가 6,336 g로 후자가 약 14배나 많았다.

고 찰

목본식물종자의 산포는 특수한 비산 기작이 없는 한 모체로부터 멀리 이동되지 못하며 비록 비산 기작이 있을 경우에도 대부분의 것은 모체 아래에 산포된다(Harper 1977, Hubbell 1980, Okubo and Levin 1989, Willson 1992, Dalling *et al.* 1998, Min 2000). 또한 키가 작은 초본식물 역시 종자의 산포거리가 멀지 않다. 그런데 조간대에서는 규칙적으로 해수가 유입된다. 대부분의 염생식물 종자는 해수에 떠있는 상태로 며칠 혹은 몇 달 동안 운반된다(Koutstaal *et al.* 1987). 이로 인하여 종자는 모체로부터 먼 곳까지 운반되며 전혀 다른 위치에 정착하는 경우도 있다(Rand 2000). 이때 조수의 이동 형태는 종자의 산포와 정착에 큰 영향을 준다. 간조시 많은 수의 전파체가 염습지의 다른 곳으로 이동된다(Chapman 1974, Koutstaal *et al.* 1987, Huiskes *et al.* 1995). 이것은 일년생 염생식물로 구성된 해안 식생의 면적을 증가시키는 요인이 될 수도 있지만 기존의 식생을 쇠퇴시키는 역할을 하기도 한다. 한 가지 중요한 것은 저질에 종자가 적당한 위치에 매토되어야 한다는 것이다. 다만 많은 종자를 생산할수록 과거의 식생이 매년 그대로 유지될 가능성은 높다(Rand 2000). 일단 매토된 종자는 저질 내에서 재분배는 일어나지 않고 발아할 때까지 그대로 유지된다(Rand 2000). 물론 이러한 현상은 해안사구에서 나타나고 있는데 바람에 의한 모래의 강한 이동성에도 불구하고 실제 이동거리는 몇 cm에 불과하다(Watkinson 1978, Ehrenfeld 1990). 야외에서의 관찰에 의하면 칠면초 종자는 직경이 2 mm에 지나지 않으며 바둑알 모양이나 중앙부가 바둑알보다 더욱 둥근 형태를 띠고 있으며 발아 시에는 부풀어 5 mm에 달한다. 모체로부터 산포될 때에는 2~7개가 포에 싸여 떨어지며 지면에서 포가 분해됨으로써 나출된다. 그런데 산포시 만조시이거나 아직 저질에 안정된 상태로 매토되기 전에 강한 해수가 유입되면 다른 곳으로 이동될 가능성이 높다. 본 조사에서 칠면초의 유식물이 94%가 모체의 수관 아래에서 나타나고 있는 것은 일반적인 종자 산포의 특성을 잘 반영한 것이며 종자가 모체로부터 멀리 이동하지 못하기 때문으로 판단된다.

한편, 모체 아래에 산포된 종자는 표면으로부터 6 mm 이하까지도 분포하고 있지만 대부분은 표토에 존재하고 있는데 이러한 결과는 일반 육상과 유사한 것이다(Hopkins and Parker 1984, Bigwood and Inouye 1988). 즉, 토양의 하부로 갈수록 종자의 수는 급격히 감소한다. 또한 야외의 관찰에 의하면 건조시 생긴 균열 틈에서는 6 cm 이하까지도 분포하고 있었다. 균열된 틈에 종자가 매토되는 것은 기계적인 현상으로서 별도의 매토 기작이 필요 없으며 매우 기회적이다. 종자가 갈라진 틈을 통하여 비교적 깊게 묻히면 늦은 시기에 발아하기 때문에 춘계에 불규칙하게 발생하는 서리를 피할 수 있는 이점이 있지만 틈의 면적이 대단히 협소하기 때문에 밀도가 대단히 높아 생육에 매우 불리하다. 본 조사에서 나타난 바와 같이 칠면초의 종자는 자연 상태에서 6 mm 이하까지 매토될 수 있는 것으로 나타났다.

매토에 관여한 것은 크게 세 가지로 볼 수 있다. 첫째는 모체의 고사체로부터 온 유기물이다. 이것은 식생이 없는 지역에서는 9%에 불과하지만 이것이 있는 지역에서 표토 유기물 함량은 19% 이상으로 비교적 높은 결과에서 잘 나타나고 있다. 그리고 이 고사체는 익년까지 일부의 저질 내에 존재하고 있었다. 둘째는 저질의 퇴적이다. 이것은 종자가 토양 내로 스스로 이동하였기보다는 주변으로부터 이동되어 온 입자가 종자를 매토시키는 기작이다. 저질의 퇴적은 조수에 의하거나 바람에 의한 것으로 볼 수 있다. 전자는 만조시 해수에 떠있던 입자가 퇴적하는 것이며 주변으로부터 저질이 이동될 수 있는 중요한 요인이다. 후자는 동계에 표면이 건조하였을 경우 강한 에너지에 의하여 가능하다. 그러나 바람은 종자를 매토시킬 수도 있지만 경우에 따라서는 오히려 나출시킬 수도 있다. 따라서 후자보다는 전자가 종자의 매토에 중요한 역할을 할 것으로 추정된다. 전술한 바와 같이 북반구에서 춘계에 갑작스런 저온으로 인하여 춘계에 발아하는 일년생 식물이 발아 후 냉해를 받는 예는 매우 흔한 일이기 때문에 종자가 적당히 매토되는 것은 매우 중요하다. 이에 대한 연구는 차후에 이루어질 것이다.

한편, 이 지역에 있는 게 구멍의 게 둔덕은 시간의 경과에 따라 크기가 작아지거나 없어지고 표면에 구멍만 남아 있는 것이 발견되고 있다. 게가 형성한 둔덕의 크기나 수는 지역에 따라 매우 다양하였다. 그러나 조사된 바에 의하면 식생이 있는 지역에서는 $6,336 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 이었고 저질의 비중을 2.63으로 간주하면 $2,409 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ 이며 이 양은 지면의 높이를 2.4 mm 상승시킬 수 있는 양이다. 게가 형성한 둔덕의 저질은 여러 군데로 분산되었을 것으로 추정되지만 일부는 종자를 매토시킨 것으로 판단된다.

따라서 칠면초와 게는 간접적으로 상호 도움을 주고 있는 관계로 파악이 가능하다. 그 이유는 다음과 같이 두 가지이다. 첫째, 본 조사지에 서식하고 있는 게는 조간대에서 저질에 있는 유기물을 저질과 함께 먹는다. 따라서 유기물을 섭취하는 동안 칠면초가 생산한 것도 포함되었을 것으로 추정할 수 있다. 즉, 게는 칠면초가 생산한 유기물을 이용하고 있는 것이다. 둘째, 칠면초가 안전하게 식생을 형성하기 위해서는 종자가 매토되어야 한다. 이 매토 기작에는 여러 가지가 있으나 그 중의 하나는 주변으로부터 이동되어온 저질이다. 이 저질은 근본적으로 게가 구멍을 만드는 과정에서 부수적으로 생긴 지면보다 높은 게 둔덕이다. 이 게 둔덕의 저질은 연하여 쉽게 조수에 의하여 상대적으로 낮은 곳으로 이동될 수 있다. 또한 이것은 표면의 이질성을 증대시킴으로써 종자의 매토에 원동력이 되기 때문이다.

조간대에서 칠면초의 식생을 유지시키는 데는 여러 가지 요인이 작용하겠지만 그 중의 하나는 같은 장소에 서식하는 게를 고려해야 될 것으로 생각된다.

적 요

조간대 내 칠면초 종자의 분포 및 매토 특성을 파악하기 위해

1999년 3월부터 2000년 10월까지 경기도 시흥시 월곶동에서 매 토 종자의 수직 및 수평 분포와 계에 의한 저토의 굴착량을 추정하였다. 칠면초 종자는 94%가 모체의 수관 아래 분포하였으며, 나머지 6%만이 수관밖에 위치하였다. 저질 내 유기물 함량은 칠면초가 있는 지역에서는 6 cm 깊이까지 평균 17%로 높았지만 이것이 없는 지역에서는 8%로 낮았다. 한편, 식생지에서 유기물 함량은 표토(1 cm 깊이)가 19%이었으며 하층으로 갈수록 감소하여 6 cm 깊이에서는 14%이었다. 칠면초 종자는 표면으로부터 2 mm 이내에 45%가 매도되어 있었고 하층으로 갈수록 급격히 감소하여 12 mm 깊이 이후에는 없었다. 갑각류의 서식밀도는 식생지는 비식생지보다 높았으며 특히, 세스랑게류의 것은 약 8 배이었다. 식생지에서 갑각류가 하층으로부터 파낸 저질의 양을 추정한 결과 $2,409 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^2$ 이었으며 이는 저토의 높이를 2.4 mm 상승시킬 수 있는 양이었다. 따라서 칠면초 종자는 자신의 고사체와 갑각류가 구멍을 형성하는 동안 파낸 저토에 의해 매도될 수 있는 것으로 판단되었다. 또한 식생지는 비식생지보다 많은 양의 갑각류가 서식하는 결과에 의하면 갑각류는 칠면초로부터 일부 이득을 얻는 것으로 판단되었다.

인용문헌

- Aguiar, M.R. and O.E. Sala. 1997. Seed distribution constrains the dynamics of the Patagonian Steppe. *Ecology* 78: 93-100.
- Bell, D.T. 1993. The effect of light quality on the germination of eight species from sandy habitats in western Australia. *Aust. J. Bot.* 41: 321-326.
- Bigwood, D.W. and D.W. Inouye. 1988. Spatial patterns analysis of seed bank: An improved method and optimized sampling. *Ecology* 69: 497-507.
- Chapman, V.J. 1974. *Salt Marshes and Salt Deserts of the World*. Leonard Hill, London.
- Chapman, V.J. 1975. The salinity problem in general, its importance, and distribution with special reference to natural halophytes. In A. Poljakoff-Mayber and J. Gale (eds.), *Plants in Saline Environments*. Springer-Verlag, New York. pp. 7-24.
- Dalling, J.W., M.D. Swaine and N.C. Garwood. 1998. Dispersal patterns and seed bank dynamics of pioneer trees in moist tropical forest. *Ecology* 79: 564-578.
- Ehrenfeld, J.G. 2000. Dynamics and processes of barrier island vegetation. *Review in Aquatic Sciences* 2: 437-480.
- Harper, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, London.
- Harper, J.L. and J. White. 1974. The demography of plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 5: 419-463.
- Harper, J.L., J.T. Williams and G.R. Sagar. 1965. The behaviour of seeds in the soil: I. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining the establishment of plants from seed. *J. Ecol.* 54: 273-286.
- Hinde, H.P. 1954. The vertical distribution of salt marsh phanerogams in relation to tide levels. *Ecol. Monogr.* 24: 209-225.
- Hong, W.S. 1956. Research of west coast' plant community in Korea(1). *J. Biology* 1:17-24.
- Hopkins, D.R. and V.T. Parker. 1984. A study of the bank of a salt marsh in northern San Francisco Bay. *Am. J. Bot.* 71: 348-355.
- Hubbell, S.P. 1980. Seed production and the coexistence of tree species in tropical forests. *Oikos* 35: 214-229.
- Huiskes, A.H.L., B.P. Koutstaal, P.M.J. Herman, W.G. Beeftink, M.M. Markusse and W. de Munk. 1995. Seed dispersal of halophytes in tidal salt marshes. *J. Ecol.* 83: 559-567.
- Ihm, B.-S. and J.-S. Lee. 1985. The effects of salt on plant growth. *Bull. Inst. Litt. Biota* 2: 33-40.
- Ihm, B.-S. and J.-S. Lee. 1986. Adjustment of *Salicornia herbacea* and *Suaeda japonica* for environment change in the salt marsh. *Bull. Inst. Litt. Environ.* 4: 15-25.
- Ihm, B.-S., J.-S. Lee, H.-S. Kim, A.-K. Kwak and H.-B. Ihm. 1995a. Distribution of coastal plant communities at the salt marshes of Mankyung and Dongjin River estuary. *Bull. Inst. Litt. Environ.* 12: 11-28.
- Ihm, B.-S., J.-S. Lee, J.-C. Woo, A.-K. Kwak and H.-B. Ihm. 1995b. Adjustment of three halophytes to changes of NaCl concentration. *Bull. Inst. Litt. Environ.* 12: 1-10.
- Kim, C.M., N.K. Chang, S.K. Lee and T.K. Woo. 1975. A continuum of plant communities on the gradient of the tidal land in Namdong. *Commemoration Papers Celebrating Sixtieth Birthday of Professor Choon Min Kim*, pp. 150-157.
- Korea Meteorological Administration. 1991. *Climatological standard normals of Korea. Volume II. Monthly Normals (1961-1990)*. Seoul. pp. 5-14.
- Koutstaal, B.P., M.M. Markusse and W. de Munk. 1987. Aspects of seed dispersal by tidal movements. In A.H.L. Huisles, C.W. Blom and J. Rozema (eds.), *Vegetation Between Land and Sea*, Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. pp. 226-232.
- Lee, K.S. and K.C. Oh. 1989. Difference of *Suaeda japonica* population from two different habitats in Sorae, Korea. *Korean J. Ecol.* 12: 133-144.
- Min, B.M. 2000. Distribution of *Acer palmatum* seedlings under the crown of the maternal tree. *J. Plant Biol.* 43: 33-40.
- Min, B.M. and J.-H. Kim. 1999. Plant distribution in relation to soil properties of reclaimed lands on the west coast of Korea. *J. Plant Biol.* 42: 279-286.
- Okubo, A. and S.A. Levin. 1989. A theoretical framework for data analysis of wind dispersal of seeds and pollen. *Ecology* 70: 329-338.
- Poljakoff-Mayber, A. and J. Gale. 1975. *Plants in saline environment*. Springer-Verlag, New York. 213p.
- Rabinowitz, D. 1979. Early growth of mangrove seedlings in Panama, and hypothesis concerning the relationship of dispersal and zonation. *J. Biogeography* 5: 113-133.
- Rand, T.A. 2000. Seed dispersal, habitat suitability and the distribution of halophytes across a salt marsh tidal gradient. *J. Ecol.* 88: 608-621.
- Reimold, R.J. and W.H. Queen. 1974. *Ecology of halophytes*. Academic Press, New York. 605 pp.
- Silvertown, J.W. 1982. *Introduction to plant population ecology*. Longman, London, New York. 209p.
- Waisel, Y. 1972. *Biology of halophytes*. Academic Press, New York.

- 395p.
- Watkinson, A.R. 1978. The demography of a sand dune annual: *Vulpia fasciculata*. III. The dispersal of seeds. J. Ecol. 66: 483-498.
- Willis, A.J. and R.H. Groves. 1991. Temperature and light effects on the germination of seven native forbs. Aust. J. Bot. 39: 219-228.
- Willson, M.F. 1992. Dispersal mode, seed shadows, and colonization patterns. Vegetatio 107/108: 261-280.
- (2005년 3월 30일 접수; 2005년 5월 23일 채택)