

토양염분·시비 조건에 따른 통통마디 성장 및 발아 특성

조영철 · 이경식[†] · 전송미 · 변도성

전라남도수산시험연구소

Characteristics of Growth and Germination of *Salicornia herbacea* L. for the Soil salinity and Manure Condition

Yeong Cheol Jo, Kyeong SiK Lee[†], Song Mi Chon and Do Seung Byun

Jeollanamdo Fisheries Research Institute, Shinan 535-800, Korea

ABSTRACT : This experiment was carried out to investigate the cultivation condition of soil salinity, manure and to find out the cultivation capability of *Salicornia herbacea*. The optimal growth condition of soil salinity was between 1% and 4%. The growth of groups for fertilization was significantly better than control group. *Salicornia herbacea* grew very up from 7 kg/10a to 9 kg/10a for N, 12 kg/10a for P and the K-fertilizer group was better than control group but there was not significantly different among the conditions of K-concentration. The germination was good from 0% to 5% for salinity, from 20°C to 30°C for temperature. On the experiment cultivation, the production by hill seeding was 5.40~5.90 kg/m² and was significantly higher than the yield by broadcast sowing which was 4.01~4.20 kg/m². The production by hill seeding was 2.7 times than natural production and the production by broadcast sowing 1.9 times.

Key words : *Salicornia herbacea*, salinity, germination

서 론

1997년 소금 수입개방이후 전국 염전 7,289.1ha 중 2,548.6ha의 폐·휴염전이 발생하였다. 이러한 폐염전은 영세어업인의 소득원 상실 및 연안환경 정체를 가져오는 등 사회·경제적으로 많은 문제점을 야기하고 있다. 현재 폐염전을 활용하기 위한 방안으로 폐염전을 양식장 및 농지로 활용하고 있으나, 큰 실효를 거두지 못하고 있는 실정이다.

식물 중에는 바닷가, 염전주위 등 염기가 있는 곳에서 서식하는 식물들이 있는데 이를 염생식물이라 한다 (Waisel, 1972; William and James, 1993; 홍, 1998).

염생식물 중 통통마디는 염전 및 바닷가에 무리 지어 자라는 식물로 명아주과에 속하며, 학명으로는 *Salicornia herbacea*이다. 줄기는 다육질이며, 초장은 10~40cm 정도이고, 처음에는 짙은 녹색이나, 가을에는 붉게 변하는 한해살이 풀이다(이, 1985; 이, 1985). 현재, 통통마디는 기능성 식품 개발 및 생리활성 물질 추출 이용 등 그 이용범위가 점차 확대되고 있는 추세이나, 아직까지 국내에서는 재배가 이루어지고 있지 않고 자연채취에 의존하고 있다. 관련 연구로는 주로 염생식물의 생리적 기작 및 생태적 특성 관련 연구(Kim, 1991; 김, 1980; 김과 송, 1986; Min et al., 1989; Kim and Ryu, 1985; Hong et al., 1970; Kim et al., 1982; Kim

[†] Corresponding author (Phone) : Kyeong Sik Lee, 061-275-1021, kslie08@hanmail.net
Received March 25 2002 / Accepted May 31 2002

and Min, 1983; 김 등, 1975; Ihm et al., 1995; 임과 이, 1986; 민, 1998) 및 간척지 토양에서의 내염성이 강한 수도 작물, 화훼작물, 전작물 등의 재배 관련연구가 주로 논의되어 왔다(Jeong et al., 1984; Ho and Kim, 1991; Choi and Park, 1991; Kim et al., 1993; Lee, 1991; Chung, 1991). 이러한 간척지에서 재배되는 식물들은 내염성이 강하다고 하나 상당히 제염이 된 토양에서만 자랄 수 있으며, 고염의 토양이나 염전에서는 직접적으로 재배할 수는 없다. 그러나 통통마디의 경우 고염의 토양에서 잘 자라는 특성이 있어, 염전을 직접적으로 이용하여 재배할 수 있는 가능성을 가지고 있다. 특히, 통통마디의 효용가치가 알려지면서 그 수요가 증대되고 있는 시점에서, 더 이상 자연채취방법으로는 이를 충당할 수 없을 것으로 예상됨에 따라, 통통마디의 자생 특성을 연구하여 이를 작물화할 수 있는 과학적인 재배기술을 확립하고, 나아가 유희 방치되고 있는 염전이나 간척지를 활용함으로써, 국토의 이용과 환경 문제를 일거에 해소할 수 있는 방법을 모색할 필요성은 크다고 할 수 있다.

본 연구에서는 통통마디의 생리적 특성을 고려하여, 재배의 기초 조건을 파악하기 위한 토양염분농도 및 시비반응에 따른 생육과 발아조건을 실시하였으며, 나아가 재배 가능성을 검토하기 위하여 2개년 동안 통통마디 시험재배를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 기상 및 토양

기상은 통통마디 재배 기간동안(2000~2001년) 신안군 지도읍에서 가장 인접한 목포기상대의 자료를 이용하여 강수량, 기온, 증발량을 분석하였다.

통통마디 자생지, 염전 및 시험재배지 토양의 이화학적 특성을 살펴보기 위하여 토양분석을 실시하였다. 자생지 토양은 2000년 3월에 통통마디가 자생하는 해남군 염전 주변의 토양을 채취하였으며, 재배지 및 염전 토양은 신안군 지도읍에서 2000년 3월과 8월에 채취하여 분석을 실시하였다.

2. 토양염분농도에 따른 생장 반응

토양염분 조건에 따른 성장조건실험에 사용된 통통마디는 지도읍 태천리 염전에 자생하는 것으로 15 cm 크기 내외의 것을 뿌리가 상하지 않도록 채취하여 이용하였다. 가로 67 cm, 세로 40 cm, 높이 25 cm 크기의 실험구에 시험재배지에서 채취한 토양을 60 kg를 채워 넣었으며, 각 토양의 염분을 1%, 2%, 4%, 6%, 8%,

10%로 조절하였다. 실험은 농도조건별로 3반복으로 하였으며, 각 실험구에는 통통마디 8개체를 이식하였다. 실험구는 실외에 배치하였으며, 비가 오는 동안에는 실험구에 강우가 유입되지 않도록 주의하였다. 실험기간은 2000년 7월 25일부터 14주간으로, 통통마디 각 개체의 초장을 1주 간격으로 측정하였다.

3. 시비조건에 따른 생장 반응

실험개시, 실외 조건, 실험구 크기는 염분성장조건실험과 동일하며, 실험기간은 12주간으로 통통마디 각 개체의 생장을 1주 간격으로 측정하여 살펴보았다. 통통마디는 지도읍 봉리 염전에 자생하는 10 cm 내외의 통통마디를 뿌리가 상하지 않도록 채취하여 각 실험구안에 6개체를 이식하였다. 비료 농도조건은 질소, 인산, 칼륨의 양을 각각 10 a 당 9 kg, 10 kg, 12 kg을 표준시비량으로 하여 각각의 시비량을 조절하였다. 시비 조건은 10a 당, 질소 수준은 7 kg, 9 kg, 11 kg, 인산은 8 kg, 10 kg, 12 kg, 칼륨은 10 kg, 12 kg, 14 kg으로 조절하였다. 질소원 비료로서는 요소를, 인산원 비료로서는 용성인비료, 칼륨원 비료로서는 염화가리를 사용하였다. 각 비료 농도 처리별로 3반복 실험을 하였다.

4. 염분농도와 온도 조건에 따른 발아 특성

본 실험에 사용한 종자는 2000년도, 연구소에서 직접 시험재배한 통통마디에서 채취한 것으로 완숙한 종자를 선별하였으며, 염분농도 및 온도 조건에 따른 발아세 및 발아율을 동시에 살펴보았다. 사용된 발아상은 직경 9 cm 페트리디쉬이며, 여과지 두 장을 깔았다. 염분농도 조건은 0~40‰사이의 NaCl 용액을 제조하여 5% 간격의 농도로 5 ml씩 시험액을 주입하였다. 온도조건은 항온 배양기를 이용하여 10~30 °C 범위에서 5 °C 간격으로 조절하였다. 종자는 페트리디쉬에 100립씩 1처리당 3반복으로 치상하였다. 총 실험기간은 9일간이며, 발아세는 4일 후에 관찰하였으며, 발아율은 실험 마지막날 조사하였다.

5. 통통마디 시험재배

통통마디 재배 가능성을 알아보기 위하여 2000~2001년까지 2년 동안 시험재배를 실시하였다. 시험재배지는 신안군 지도읍 태천리에 위치한 33년이 지난 간척지로 과거에는 염전으로 활용되었던 것으로 방치되어 왔던 것이다. 2000년 시험재배는 시기적으로 통통마디 종자를 확보할 수 없어서 통통마디 모종을 채취하여 시험재배를 실시하였다. 모종이식전 재배지를 땅속 깊게 경운 한 후 각각 50 cm의 두둑과 고랑을 설정하여 구획정

리를 완료하였다. 모종이식은 총 4회에 걸쳐 이루어졌고, 모종이식 시기는 1·2차는 6월26일~28일, 3·4차는 7월13일~14일 이었다. 재배면적은 650평이었다.

2001년에는 모종이식 시험재배에서 확보한 씨앗을 사용하여 대단위 재배를 실시하였다. 재배면적은 3,000평으로 파종전에 재배지에 통통마디 비료성장실험을 바탕으로 질소, 인산, 칼륨성분의 비료와 퇴비를 밑거름으로 시비하였다. 퇴비는 10톤을 시비하였으며, 질소성분은 요소, 인산성분은 용성인비, 칼륨성분은 염화가리를 사용하였다. 퇴비 및 비료 시비 후 성분이 땅속 깊이 스며들도록 경운 하였으며, 점파 해당면적에 대하여, 폭 50cm의 두둑 및 고랑을 설정하여 구획정리를 실시하였다. 재배지 침수를 방지하기 위하여 들레에 폭 1 m, 깊이 1 m의 배수로를 조성하였다. 파종시기는 4월 4일~6일이며, 파종방법은 점파와 산파 두 가지 방법을 사용하였다. 산파는 300평에 한하여 실시하였으며, 나머지 면적에 대하여 점파를 실시하였다. 점파는 20 cm 간격으로 20~30립씩 점파하였다. 종자발아 및 가뭄시 필요한 물은 바닷물을 펌핑하여 공급하였으며, 재배기간 중 성장에 저해되는 잡초는 수작업으로 제거하였다. 9월중 최고 성장에 달한 통통마디를 수확하였으며, 산파와 점파에 의한 생산량을 파악하였다. 산파의 경우 0.5 m × 0.5 m 방형구를 무작위로 투척하여 방형구내의 통통마디 생산량을 5회 반복하여 조사하였다. 점파의 경우 5 m × 5 m 방형구를 무작위로 설정하여 방형구내의 통통마디 생산량을 파악하였고, 5회 반복조사를 실시하였다. 11월 중 성숙된 종자를 선별하여 수확하였다.

6. 통계처리

실험결과는 SPSS professional statistics Ver. 7. 5(SPSS Inc, 1997)를 사용하여 분산분석(ANOVA) 및 student's t-test를 수행하였으며, 각 평균간의 유의성 검

정은 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 수행하였다.

결과 및 고찰

1. 기상 및 토양

2000년 한해동안 월평균기온은 1.1~26.6 °C, 증발량은 1,153.7 mm, 강수량은 1,176.7 mm이었다. 집중강우 기간인 장마시기부터 여름철에 전체 강수량의 84%인 983.8 mm가 내렸다. 이기간을 제외하고는 증발량이 강수량보다 높게 나타났으며 증발량과 강수량은 큰 차이가 없었다. 2001년의 경우는 월평균기온은 1.0~26.0 °C, 증발량은 1,141.9 mm, 강수량은 945.9 mm이었다. 특히 씨앗 파종기간인 3~5월의 경우 강수량은 79.2 mm로, 증발량 357.3 mm의 1/4 수준으로 극심한 가뭄상태이었다. 6월과 7월에 들어서는 장마가 시작되어 집중강우가 내렸다(Table 1).

통통마디 자생지와 유사한 토양은 연안지역 간척지 토양으로 이에 대해서는 많은 연구가 이루어져 왔다. 조사지역 토양의 이화학적 특성을 살펴보면 재배지, 염전, 자생지 토양의 일반적 특성은 큰 차이가 없었다. 그리고 눈에 비해 양이온치환용량(CEC), 유기물 함량은 매우 낮고, 치환성 양이온 K^+ 과 Ca^{2+} , Mg^{2+} 는 월등히 높았다. pH는 논토양의 평균치에 비해 강한 알카리성으로, 봄에 비해 여름에 높았다(Table 2). 토성은 식양토(Clayey Loam)이며, 염류농도는 0.70~3.15%로 연중 계절 및 강수분포에 따라 표층 토양의 염분은 크게 변하는 것으로 나타났다. 특히 전질소와 유효인산은 토양의 용탈(溶脫)에 의해 많이 소모되어 부족한 상태이며, 유효인산의 경우 하계에 크게 감소하였다. 위와 같은 결과는 Chung et al.(1991), Ho and Kim(1991), Kim(1991)이 제시한 전형적인 초기 간척지토양의 특성과 유사하였다.

Table 1. Climatological data at Mokpo(2000~2001)

	Year	Month												Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Mean air temperature(°C)	2000	1.9	1.1	6.7	11.9	16.8	21.7	25.8	26.6	20.7	16.4	9.0	4.3	
	2001	1.0	2.4	6.1	12.6	18.0	21.2	25.7	26.0	22.6	17.5	9.5	3.6	
Evaporation (mm)	2000	44.4	49.4	83.3	124.5	134.4	123.5	141.2	154.7	88.5	91.6	66.6	51.6	1,153.7
	2001	32.3	48.7	97.1	127.5	132.7	101.8	136.9	148.2	133.8	83.9	61.2	37.8	1,153.7
Precipitation (mm)	2000	31.0	7.8	21.2	6.4	40.2	222.4	204.0	322.2	235.2	29.8	50.1	6.4	1,176.7
	2001	47.5	79.8	18.7	32.0	28.5	270.3	171.5	102.8	55.2	79.0	15.8	44.8	1,176.7

Table 2. Chemical properties of the topsoil

	soil site	pH	OM (%)	T-N (%)	Exchangeable (cmol/kg)			Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	E C (ds/m)	Salinity (%)	CEC (cmol/kg)
					K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺				
3 (Spring)	Haenam sea beach	7.82	0.119	0.180	3.18	11.86	7.50	157	50.3	3.15	22.54
	Jido sea beach	8.09	0.168	-	1.95	11.73	5.79	169	28.70	1.84	19.47
	Jido test area	8.24	0.107	0.058	1.64	7.31	5.78	155	10.9	0.70	14.73
8 (Summer)	Jido sea beach	8.82	0.164	-	1.77	6.66	6.07	32	18.35	1.17	14.50
	Jido test area	8.72	0.112	-	1.64	6.26	6.33	34	22.30	1.43	14.23
Ho and Kim	Reclaimed tidal soil	7.5	0.8	-	1.3	11.5	2.2	70.5	20	1.28	7.15
	Paddy field	5.7	2.3	-	0.3	3.8	1.4	88.0	-	-	11.5

2. 토양염분농도에 따른 생장 반응

해안지대에서는 조수에 의해 풍부한 무기염류를 공급 받지만 토양의 염분농도가 높아 식물의 분포를 제한하므로 식물 성장 조건의 1차적인 요인은 토양의 염분 농도라 할 수 있다. 통통마디는 다른 식물에 비해 고염의 토양 상태에서도 서식하지만(김 등, 1975; Kim and Min, 1983), 토양 염분 변화에 따른 성장상태는 아직까지 조사되지 않았다. 토양염분농도 변화에 따른 통통마디의 초장 성장을 살펴 본 결과, 토양염분이 감소함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 실험 결과, 토양염분 1~4%, 6%, 8~10%로 3구간에서 초장 성장에 유의한 차이를 보였다(Fig. 1). 토양염분 1~4% 구간에서는, 통통마디 초장 성장은 4.16±1.90~4.96±2.07 cm로 최대로 유의한 값을 나타냈으며, 6% 토양염분 조건에서는 2.75±1.68 cm 성장하였으며, 토양염분 8~9%에서의 초장 성장은 1.06±1.20~1.09±0.60 cm으로 가장 저조한 유의한 값을 보였다. (Fig. 1). 위와 같이 고염으로 갈수록 통통마디의 성장이 감소하는 것은 높은 염분농도 조건에서 광합성량의 감소 때문으로 판단된다 (Ihm et al., 1995). Fig. 2는 실험기간동안 통통마디 염분 농도별 생존율을 나타낸 것이다. 토양 염분에 따른 통통마디 생존율 차이에 유의성이 있는 것으로 나타났다. 자세히 살펴보면, 염분농도 1~6%구간에서 87.5±

12.5~95.8±7.2%, 8~10% 구간에서 45.8±19.1~50.0±33.1%로 높은 토양염분조건에서 염분 스트레스에 의해 생존율이 낮은 유의한 값을 보였고, 저염조건에서 생존율이 높은 유의한 차이를 보였다. 그러나 일부 통통마디가 고농도의 토양염분조건에서 생존할 수 있는 것은 체내의 삼투 포텐셜을 낮추어 수분 흡수를 용이하게 하는 적응능력을 가지고 있기 때문으로 생각된다 (Ihm et al., 1995).

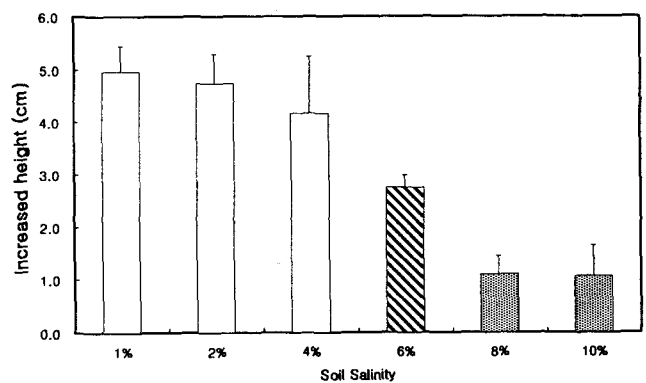


Fig. 1. The height growth of Salicornia herbacea according to the change of soil salinity.

† Values(mean±S.E, n=3) not sharing a common pattern are significantly different (p < 0.05).

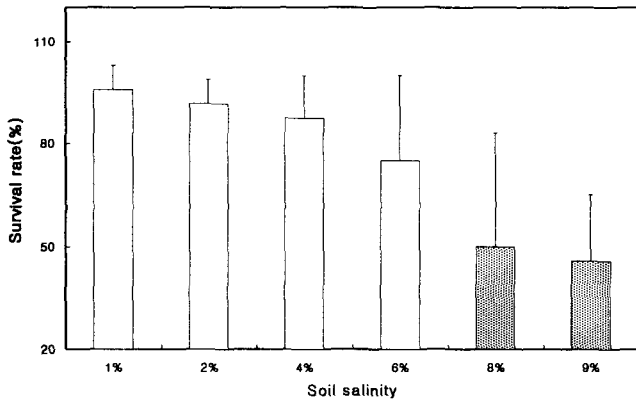


Fig. 2. The survival rate of *Salicornia herbacea* according to the change of soil salinity.
 † Values(mean±S.E, n=3) not sharing a common pattern are significantly different ($p < 0.05$).

3. 시비조건에 따른 생장 반응

Kim and Min(1983)에 의하면 자연상태에서 통통마디 식물체의 단위중량당 무기영양소 T-N, P, K의 함량은 생육초기에 많고 시간이 경과함에 따라 감소하였으며, 또한 균락의 단위면적당 식물체내의 무기영양소의 최대 현존량은 다소 빠른 시기(7~8월)에 나타났다. 통통마디를 재배함에 있어, 토양중의 무기성분은 흡수나 토양중의 용탈(溶脫)에 의해서 소모되고, 생육초기에 많이 필요하므로 최적 재배를 위해서는 부족상태의 것은 비료로 공급할 필요가 있다. 12주 동안 영양염류(N, P, K) 첨가비율에 따른 통통마디의 초장 성장을 살펴본 결과, 비료의 첨가가 통통마디 성장에 유의성 있는 개선 효과를 가지는 것으로 나타났다. 영양염류 비첨가구인 비교구의 경우 초장이 1.13 ± 0.15 cm 성장하였으며, 비료를 첨가한 조건에 비해 성장 상태가 유의하게 뒤떨어 졌다. 질소의 경우, 7~9 kg/10a 처리조건에서는 $3.46 \pm 0.46 \sim 4.24 \pm 0.74$ cm, 11 kg/10a에서는 2.29 ± 0.48 cm로 초장 성장의 유의한 차이를 보였다(Fig. 3). 특이할 만한 사실은 자연상태에서는 용탈에 의한 질소의 결핍이 자주 나타나는데 Fig. 3에서와 같이 질소의 농도가 어느 정도 한계를 넘으면 성장이 둔화되는 면을 보여주고 있다. 인산처리의 경우 8~10 kg/10a 처리 조건에서 $3.11 \pm 0.50 \sim 3.48 \pm 0.59$ cm, 12 kg/10a 처리 조건에서 4.59 ± 0.30 cm로 (Fig. 4), 질소와 달리 인산 첨가비율이 많을수록 성장이 좋은 유의성 있는 효과를 나타냈었다. 이는 한국 연안에서는 인산이 현저히 부족하여(Kim and Min, 1983), 식물성장에 다른 성분에 비해 주요 제한요소로 작용하는 것으로 생각된다(Deevey, 1970). 칼륨

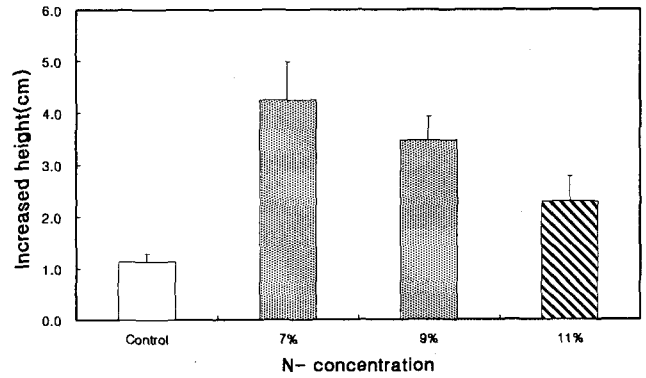


Fig. 3. The height growth of *Salicornia herbacea* according to the change of N concentration.
 † Values(mean±S.E, n=3) not sharing a common pattern are significantly different ($p < 0.05$).

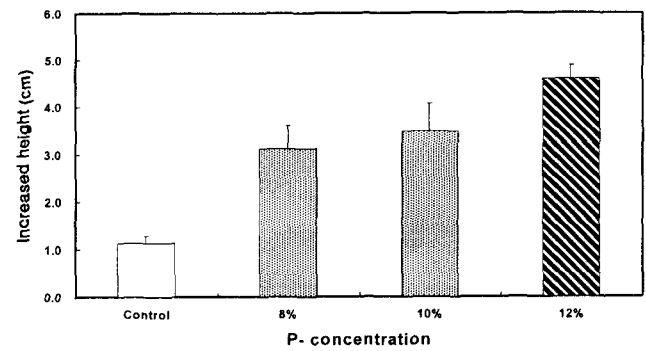


Fig. 4. The height growth of *Salicornia herbacea* according to the change of P concentration.
 † Values(mean±S.E, n=3) not sharing a common pattern are significantly different ($p < 0.05$).

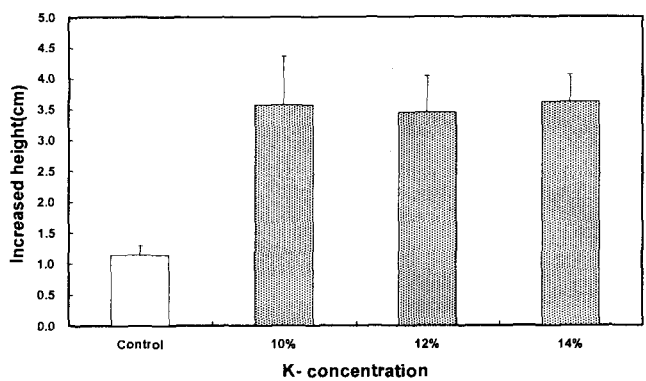


Fig. 5. The height growth rate of *Salicornia herbacea* according to the change of K concentration.
 † Values(mean±S.E, n=3) not sharing a common pattern are significantly different ($p < 0.05$).

조건 실험에서는 비교구에 비해 첨가한 전구간에서 초장 성장이 $3.45 \pm 0.58 \sim 3.62 \pm 0.43$ cm로 유의한 차이를 보였으나, 처리조건간에는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

4. 염분농도와 온도 조건에 따른 발아 특성

식물종자의 발아과정에 영향을 미치는 요인으로는 광, 습도, 온도, 산소 등을 들 수 있으며, 간척지 및 염습지에서는 염분이 발아에 중요한 영향을 미친다(Kim, 1991; Kim et al., 1993). 통통마디 발아에 관한 연구는 김(1980)에 의해 이루어졌는데 이 실험에서는 염분에 관한 내염성 한계만 고려하였으며, 저염발아-고염생육식물로 구분하였다.

본 실험에서는 염분과 온도의 상호작용을 함께 고려하였다. 통통마디의 염분농도 및 온도에 따른 발아율(發芽率) 및 발아세(發芽勢) 실험 결과는 Table 3, 4와 같다. 실험결과를 자세히 살펴보면, 염분조건에서는 0~25%까지는 유의한 차이를 보였으나, 30% 이상에서는 큰 차이를 보이지 않았으며, 온도조건에서는 각 온도 조건별로 유의한 차이를 보였다. 저염·저온 조건인 0~5%, 10 °C에서는 발아율은 $22 \pm 0.0 \sim 100 \pm 0.0\%$, 발아세는 $11.33 \pm 1.5 \sim 14.0 \pm 1.0\%$ 이었다. 저염·고온조건인 0~5%, 20~30 °C 구간에서는 100% 발아율과 $90.7 \pm 4.6 \sim 100 \pm 0.0\%$ 의 발아세로 종자발아의 활력이 강한 것으로 나타났다. 염분 15%이상 조건에서는 고온구간이 상대적으로 저온구간에 비해 종자발아상태가 좋으나, 발아율

Table 3. Germination ratio in response to NaCl concentration and temperature

NaCl concentration(%)	Temperature (°C)				
	10	15	20	25	30
0	100.0 ± 0.0^{1a}	100.0 ± 0.0^{2a}	100.0 ± 0.0^{3a}	100.0 ± 0.0^{4a}	100.0 ± 0.0^{5a}
5	22.0 ± 0.0^{1b}	82.0 ± 2.0^{2b}	100.0 ± 0.0^{3b}	100.0 ± 0.0^{4b}	100.0 ± 0.0^{5b}
10	14.7 ± 1.5^{1c}	51.3 ± 6.1^{2c}	59.7 ± 1.5^{3c}	73.3 ± 4.2^{4c}	62.7 ± 2.5^{5c}
15	6.0 ± 1.0^{1d}	9.3 ± 1.2^{2d}	23.0 ± 3.0^{3d}	33.7 ± 0.6^{4d}	31.0 ± 1.0^{5d}
20	6.0 ± 1.0^{1e}	6.3 ± 2.1^{2e}	13.7 ± 0.6^{3e}	19.3 ± 6.0^{4e}	15.3 ± 1.2^{5e}
25	0.7 ± 0.6^{1f}	0.0 ± 0.0^{2f}	3.3 ± 1.5^{3f}	4.0 ± 0.0^{4f}	4.3 ± 0.6^{5f}
30	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	1.0 ± 0.0^g	2.0 ± 0.0^g	2.0 ± 1.0^g
35	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	1.0 ± 0.0^g	2.0 ± 0.0^g	1.3 ± 1.2^g
40	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g

† Values(mean±S.D., n=3) not sharing a common superscript are significantly different(p < 0.05)

Table 4. Germination speed in response to NaCl concentration and temperature

NaCl concentration(%)	Temperature (°C)				
	10	15	20	25	30
0	14.0 ± 1.0^{1a}	42.0 ± 0.0^{2a}	94.7 ± 0.6^{3a}	100.0 ± 0.0^{4a}	100.0 ± 0.0^{5a}
5	11.3 ± 1.5^{1b}	32.7 ± 2.3^{2b}	90.7 ± 4.6^{3b}	97.3 ± 2.3^{4b}	94.3 ± 2.5^{5b}
10	2.3 ± 0.6^{1c}	9.3 ± 1.2^{2c}	28.3 ± 2.1^{3c}	43.3 ± 4.2^{4c}	34.0 ± 1.7^{5c}
15	2.7 ± 2.1^{1d}	2.7 ± 1.2^{2d}	12.7 ± 3.1^{3d}	22.0 ± 1.7^{4d}	21.7 ± 2.1^{5d}
20	1.0 ± 0.0^{1e}	2.7 ± 1.2^{2e}	7.0 ± 1.0^{3e}	14.7 ± 1.5^{4e}	10.7 ± 1.2^{5e}
25	0.0 ± 0.0^{1f}	0.0 ± 0.0^{2f}	1.3 ± 0.6^{3f}	4.0 ± 0.0^{4f}	2.3 ± 1.2^{5f}
30	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g
35	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g
40	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g	0.0 ± 0.0^g

† Values(mean±S.D., n=3) not sharing a common superscript are significantly different(p < 0.05)

0~33.7±0.6%, 발아세 0~22.0±1.7%로 저염구간에 비해 발아상태가 불량하였다. 실험조건과 발아상태의 상관관계를 살펴보면, 염분은 저염으로 갈수록 발아상태가 양호한 음의 상관관계를 보였다(Fig 6). 온도조건에서는 초기 발아(Germination speed)가 고온으로 가면서 25 °C 까지 발아율이 증가하다 30 °C에서는 약간 둔화되는 양의 상관관계를 나타내었다(Fig. 7). 그리고 염분과 온도의 상호작용 효과를 고려할 경우, 저염조건 0~5% 및 고온조건 20~30 °C 에서 발아상태가 좋았으며, 고염조건 15%이상 및 저온조건 10°C에서는 발아상태가 불량하고 불균일한 것으로 나타났다. 이러한 경우 실제 파종에서 문제가 될 뿐만 아니라 발아가 되더라도 생육이 약간 불균일 하다(Kim et al., 1993).

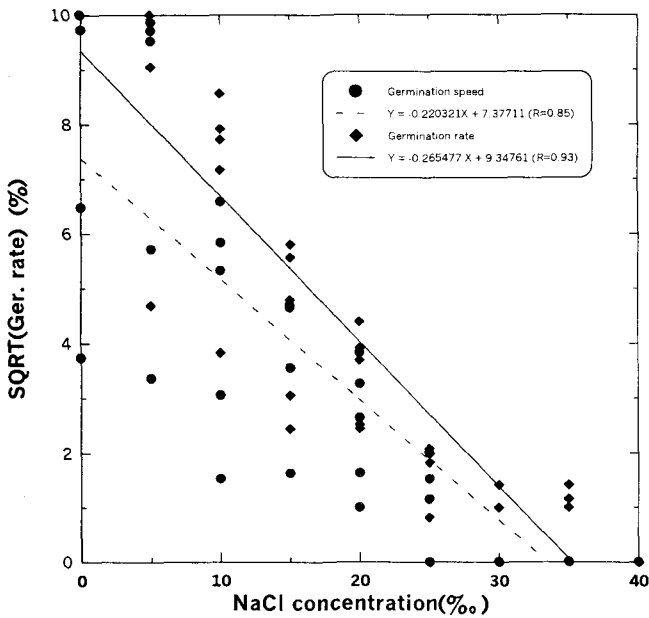


Fig. 6. The Variation of the germination rate and speed in response to NaCl concentration.

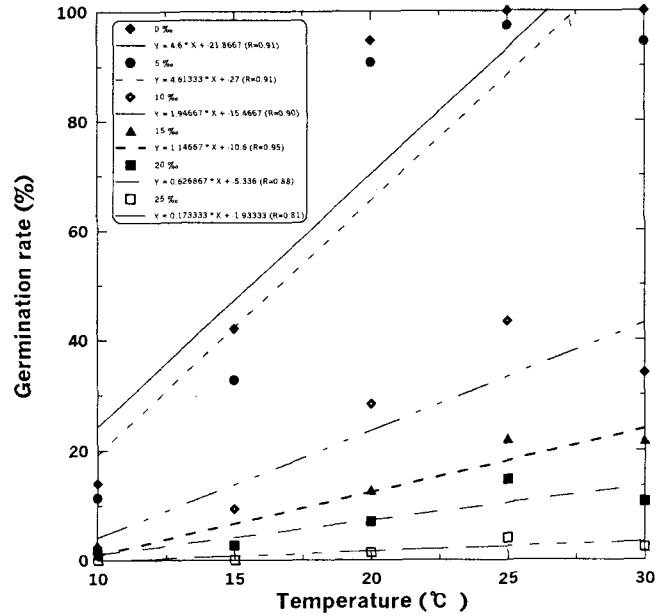


Fig. 7. The Variation of germination speed in response to NaCl concentration and temperature.

5. 통통마디 시험재배

모종이식을 통한 1차 통통마디 시험재배의 경우, 1차, 2차때 이식된 모종은 고사하였다. 모종채취시 통통마디 뿌리가 많이 상하였으며, 이식 시기가 우기중으로 담수에 영향을 받아 체내 삼투압조정능력이 저해되어 생리적 충격을 받았기 때문이다(Ihm et al., 1995). 3, 4차때 이식된 통통마디는 거의 생존하였으며, 염전에 자생하는 통통마디 보다 훨씬 성장이 좋았다. 8~9월에 꽃이 피고, 10월 중순에서 11월초에 씨앗이 맺혔으며, 완숙된 통통마디 종자를 채취하여 건조 관리하였다. 특히 통통마디 모종의 뿌리 활착 이후에는 장마기간동안 담수 충격을 크게 받지만, 일부 개체를 제외하고는 회복능력은 빠른 것으로 조사되었다(Photo. 1).

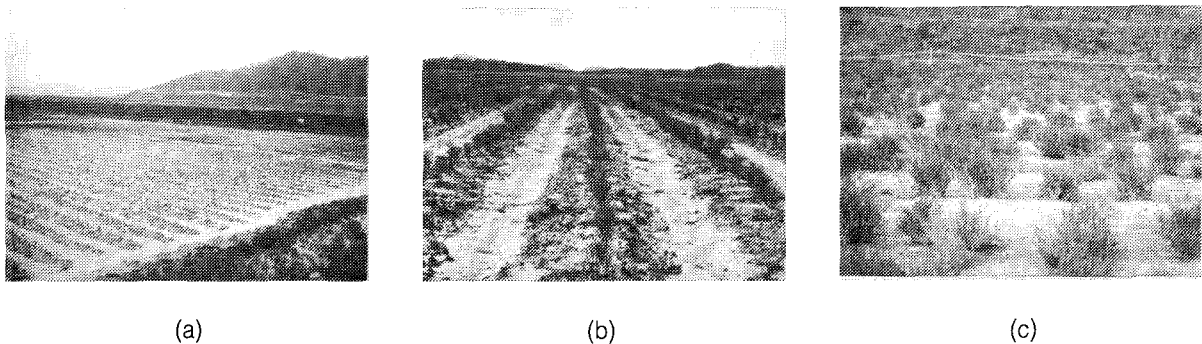


Photo. 1. The experiment of *Salicornia herbacea* cultivation in 2000 (a)transplantation of *Salicornia herbacea* (b) after 30 days (c) after 90 days.

2001년도 종자를 이용한 대단위 재배의 경우, 초기에는 파종한 통통마디 종자가 봄철의 극심한 가뭄으로 발아 상태가 좋지 않았다. 이에 대한 대책으로 재배지에 바닷물을 펌핑하여 재배지 토양에 수분을 공급하였다. 바닷물 급수 후 재배지 몇몇 지역을 제외하고 통통마디 종자가 발아하는 것을 볼 수 있었다. 2001년 재배에서는 재배지 들레에 배수로 조성으로, 장마기간동안 담수에 의한 재배지 침수를 막을 수 있었다. 7월 여름철에 접어들어 풍부한 일사량과 일조시간, 높은 기온으로 작물 성장에 적합한 기후 조건이 형성되면서, 통통마디는 왕성한 활력을 보이며 성장하였다. 8월을 거쳐 9월에, 통통마디는 최대 성장에 도달하였다(Photo. 2).



Photo. 2. The maximum growth of *Salicornia herbacea* in September 2001.

재배에 의한 통통마디 생산량을 살펴보면, 산파의 경우 개체수는 많으나 한 개체의 중량은 100 g 미만이었으며, 한 개체간의 중량편차가 크게 나타났다. 그러나 점파의 경우 산파에 비해 개체수는 적지만 한 개체의 중량은 대략 600~1,000 g 사이로 중량편차는 크게 나타나지 않았다. 점파 파종에 의한 통통마디 단위면적당 생산량은 5.40~5.90 kg이었으며, 산파 파종에 의한 단위면적당 생산량 4.01~4.20 kg에 비해 생산량이 많은 유의한 차이를 보였다.(Table 5). Kim and Min(1983)에 의하면 자생지에서 9월중 통통마디 생산량은 건물중량으로 216±72 g·dw/m²이었다. 통통마디 수분함량은 87~90%이므로(조 등, 2001), 수분 90%를 가정할 경우 자생지의 생산량은 2.16 kg으로 추정된다. 점파와 산파 파종방법에 의한 생산량과 자생지의 생산량을 비교 분석한 결과, 자생지 생산량에 비해 점파에 의한 통통마디 생산량은 2.7배, 산파에 의한 생산량은 1.9배 높은 효과를 보였다.

Table 5. The comparison of *Salicornia herbacea* yield by broad sowing and hill seeding.

Treatment	Yield(kg/m ²)	
	range	mean±S.E
Broadcast sowing	4.01~4.20	4.12±0.07
Hill seeding	5.40~5.90	5.60±0.21*

* Significantly different from the yield of broadcast sowing (p < 0.05).

적 요

통통마디 자생지, 염전, 폐염전(간척지) 토양 분석결과 토성은 식양질이며, pH는 알카리성이었다. 전질소와 인산은 용탈에 의해 결핍된 상태이나, 치환성 양이온인 K, Mg, Ca은 풍부하였다. 염류농도는 0.70~3.15%이었다.

염분 농도에 따른 통통마디 초장 성장 상태를 살펴본 결과 1~4%의 토양염분조건에서 초장 성장과 생존율이 좋았으며, 고염의 토양에서는 성장이 둔화되고, 생존율이 낮은 것으로 나타났다. 시비조건에 따른 통통마디 성장 실험에서는 질소의 경우 7~9 kg/10a에서, 인산의 경우는 첨가비율이 가장 많은 12 kg/10a 조건에서 통통마디 초장 성장에 유의한 효과를 보였으며, 칼륨의 경우에는 비처리구에 비해 유의한 차이를 보였지만 처리 조건간에는 초장 성장의 유의한 차이를 보이지 않았다. 염분과 온도조건에 따른 발아실험의 경우, 실험 조건내에서 염분과는 음의 상관관계를 보였으며, 온도와는 양의 상관관계를 나타내었다. 그리고 염분과 온도의 상호작용 효과를 고려할 경우, 저염조건 0~5% 및 고온조건 20~30 °C 에서 발아상태가 좋았다.

통통마디 대단위 재배에서, 점파에 의한 단위면적당 생산량은 5.40~5.90 kg이었으며, 산파 파종에 의한 단위면적당 생산량은 4.01~4.20 kg으로 점파에 의한 생산량이 산파에 비해 높은 유의한 차이를 보였다. 재배에 의한 생산량과 자생지의 생산량을 비교 분석한 결과, 재배가 자생지 생산량에 비해 점파에 의한 생산량이 2.7배, 산파에 의한 생산량이 1.9배 높은 것으로 나타났다.

LITERATURE CITED

- Choi WY, Park KY (1991) Development and production prospects of saline tolerant upland crops. '91 Rural Development Administration Symposium. 17 : 53-78
- Chung SK (1991) Comprehensive development scheme for cash crop cultivation in polderland. '91 Rural Development

- Administration Symposium. 17 : 79-99
- Deevey ES Jr.** (1970) Mineral cycles. *Sci. Amer.* 223 : 148-160
- Ho YJ, Kim JK** (1991) Salinity assessment and cultural practices for rice production in reclaimed paddy. '91 Rural Development Administration Symposium. 17 : 31-53
- Hong SW, Hah YC, Choi YK** (1970) Ecological studies of the certain halophytes on the high saline soil. *Korean Journal of Botany.* 13 : 25-32
- Ihm BS, Lee JS, Woo JC, Kwak AK** (1995) Adjustment of three halophytes to changes of NaCl concentrations. *Bulletin of Institute of Littoral Environment, Mokpo National University* Vol. 12 : 1-10
- Jeong YG, Ha HS, Lee SJ** (1984) The influence of electric Conductivity and Inorganic Salts on the Growth of Rice in Saline Soils. I. Changes in electric Conductivity, pH, and cations during desalting by Drainage. *Res. Rept. ORD 26-2(C)* : 48-60
- Kim CS** (1991) Physiological mechanism of halophytes. '91 Rural Development Administration Symposium. 17 : 100-123
- Kim CS, Cho JW, Lee SY** (1993) Mechanism of salt tolerance in crop Plant. I. Physiological responses of barley, rye and italian ryegrass seed germination to NaCl Concentrations. *Korean J. Crop Sci.* 38(4) : 371-376
- Kim JH, Min BM** (1983) Ecological studies on the halophytes communities at western and southern coast in Korea(III). On the soil properties, species diversity and mineral cycling in reclaimed soil in Incheon. *Korean Journal of Botany* Vol. 26, No 2, 53-71
- Kim JH, Ryu BT** (1985) Energy flow in a coastal salt marsh ecosystem. *Korean J. Ecol.* 8(3) : 153-161
- Kim JH, Mun HT, Cho KJ** (1982) An ecological study on the conservation of salt marsh ecosystem at the coast. *The Report of the KACN,* 4 : 137-154
- Lee, KS** (1991) Control and ecological characteristics of *Scirpus planiculmis* F. Schmidt in poldered paddy fields. '91 Rural Development Administration Symposium. 17 : 124-142
- MIN BM, Kim JH, Kimura M, Kikuchi E, Suzuki T, Takeda S, Kurihara Y** (1989) Soil and plant community of reclaimed lands on the west coast of Korea. *Ecological Review* 21 : 245-257
- Waisel Y** (1972) *Biology of halophyte.* Academic Press, New York
- William JM, James GG** (1993) *Wetlands,* Van Nostrand Reinhold
- 金遵敏, 張楠其, 李性圭, 禹澤根** (1975) 仁川 南東 海岸에 있어서 干拓地 土壤의 鹽度 旬配와 植物分布에 關한 研究. 金遵敏博士 回甲紀念論文集. 150-157
- 金喆洙** (1980) 干拓地內 植物種子의 耐鹽性과 發芽에 關한 研究. *식회지* 23 : 27-33
- 金喆洙, 宋泰坤** (1986) 海邊 鹽生植物群落에 對한 生態學的 研究 (I)-榮山湖의 淡水化로 因한 干拓地 內의 土壤과 鹽生植物의 變化. *한생태지* 6 : 167-176
- 임병선, 이점숙** (1986) 염습지 환경변화에 대한 통통마디와 칠면 초의 적용. *환생지.* 4 : 15-25
- 이영노** (1985) *한국식물도감(원색).* 교학사. 1239 pp
- 이창목** (1985) *대한식물도감.* 향문사. 990 pp
- 민병미** (1998) 한국서해안의 해안식생에 대하여. *해양연구,* 제 20권 2호 : 167-178
- 홍계상** (1998) *한국의 갯벌,* 대원사