

매자기塊莖의發芽에 미치는環境要因들

양해경·김옥경

이화여자대학교 자연과학대학 생물학과

Environmental Factors Influencing on Tuber Germination in *Scirpus maritimus* L.

Yang, Hae-Kyeng and Ok-Kyung Kim

Dept. of Biology, College of Natural Science, Ewha Womans University

ABSTRACT

The effects of NaCl concentration, temperature, light and growth regulator(GA₃, kinetin) on the tuber germination of *S. maritimus* were investigated. The germination percentage increased with decreasing NaCl, showing salt tolerance through time, and with increasing temperature until 20~30 °C light /dark(12 /12 hr) of optimal temperature. The multiplication of NaCl and temperature on germination percentage and velocity, increased significantly in higher temperature than lower temperature in saline. The germination percentage showed high value in dark condition than in light condition which is the characteristics of underground organ.

And GA₃ act as germination stimulator to overcome the inhibitory effect of NaCl. The effect of GA₃ showed significant differences on tubers of *S. maritimus* of germination but that of kinetin had a little effects on germination.

Factors of NaCl and temperature interacted significantly and the effects of NaCl on germination percentage and velocity depended on temperature condition.

緒 論

일반적으로 염생식물의 경우 발아에 미치는 온도와 염분의 영향은 약간의 차이가 있는데, 저온상태에서의 염분조건이 고온의 염분조건일때보다 발아율이 높게 나타난다. 온도에 따라 발아율이 달라지는 염생식물은 봄철보다 여름철의 고온에서 발아율이 감소하는데, 그 이유는 온도가 높아지면 수분 potential이 낮아져 수분흡수를 지연시키고, 삼투 potential이 저해되어 염해가 커지기 때문이다. Ignaciuk and Lee(1980), Young *et al.*(1980)에 따르면 주야의 변온처리가 종자 발아에 있어서 최고 발아율을 나타내는데에 효과적이라고 하였고, Malcolm(1964)은 *Arthrocnomum halocnemoides*의 종자 발아실험에서 주야로 변온처리를 하였을 때에는 15~30°C,

15~45℃, 15~60℃에서보다 5~35℃의 온도에서 가장 높은 발아율을 나타냈는데, 이는 밤의 온도를 최저로 처리하여 주야의 기온차를 크게 하였기 때문이며, 주야로 변온처리를 하지 않았을 때에는 35℃와 60℃에서 발아가 촉진되었다. 이러한 염생식물들의 염분에 대한 내성의 주요 원인으로 삼투현상과 발아억제의 원인인 NaCl의 농도변화에 의한 것이라고 하였다(Uhivits;1946, Ungar;1968).

매자기는 내염성 식물로서 그 종자는 비교적 염해에 민감하여 1% NaCl농도에서 발아가 억제되지만 괴경은 종자에 비해 내염성이 커서 고농도의 염분에서도 발아가 가능하며(Visperas and Vergia; 1974, Ungar; 1984), 초기 생육이 왕성하고 고농도의 염분에서도 자생하며 6% NaCl농도에서도 일부 발아가 가능하다고 하였다(Ghosh *et al.*, 1971). 염생식물에 대한 생리생태적 연구는 많으나 간척지에 자생하는 염생식물인 매자기에 관한 연구로는 Ghosh *et al.*(1971), 허(1975)와 양 등(1976)의 연구가 있을 뿐이다.

본 연구에서는 매자기 괴경의 발아에 미치는 염분, 온도, 광 등의 환경요인들의 영향과 gibberellin, kinetin의 식물생장 조절물질의 영향을 분석하고 발아에 미치는 여러 요인 사이의 상호작용을 규명하였다.

材料 및 方法

實驗 材料

매자기(*Scirpus maritimus L.*)는 서해의 해안에 가까운 습지, 간척담, 간척담의 畦畔, 수로 등에 많이 자생하는 방동산이과 고랭이속의 다년생 잡초로서 1987년 4월에 전라북도 부안군 농촌진흥공사 미연농장의 간척담에 자생하는 월동 중의 매자기 괴경을 채취하여 실험 재료로 사용하였고, 채취해 온 후 풍건하여 4~5℃의 냉장고에 보관하였다.

實驗 方法

매자기 괴경은 직경 11cm의 사알레에 탈지면 2장을 깔고 유사한 크기의 괴경을 20개체씩 파종한 후 NaCl용액(15ml)을 탈지면이 충분히 적셔지도록 처리한 후 다시 탈지면1장을 덮은 후 사알레 뚜껑을 덮어 Growth chamber내에서 발아시켰다. 건조를 막기 위해 하루간격으로 처리용액을 공급해 주었다. 실험은 3반복으로 18일 동안 하루간격으로 발아율을 측정하였다. 유근 배측의 출현을 발아로 간주하였으며(Mooring *et al.*, 1971) 발아속도는 Khan and Ungar(1984)의 Index로 계산하였다. 현지토양의 NaCl농도와 비교하기 위하여 NaCl농도를 0%(대조구), 2%, 4%, 8%의 4가지 염분농도별로 처리하여 실험하였다. 종자의 변온처리는 10~20℃, 15~25℃, 20~30℃로 3단계의 온도조건을 유지하였다. 광처리는 NaCl농도별로 12시간씩 2700Lux를 조사한 명조건과 암조건하에서 발아율을 조사하였다. 식물생장 조절물질의 효과를 보기 위해 GA₃는 10⁻³M과 10⁻⁴M로, kinetin은 10⁻⁴M과 10⁻⁵M로 첨가하여 발아에 미치는 영향을 조사하였다(Khan and Weber, 1986). 각 조사자료들은 SPSS(Nie *et al.*, 1975)의 two way program과 ANOVA를 사용하여 분석하였다.

結果 및 考察

NaCl과 온도의 영향

매자기 괴경은 20~30℃ 온도에서 최고 발아율을 보였으며 NaCl농도 증가에 따른 발아 억제 는 10~20℃에서 가장 현저하였다(Fig. 1). 18일 후의 최종 발아율은 명조건과 암조건에서 모두 저온일수록 감소하였으며 20~30℃온도에서 비교적 발아율이 높았고 염분농도가 높아짐 에 따라 발아가 억제되었다(Fig. 2). 허(1975)와 Ghosh *et al.*(1971)은 8% NaCl농도에서는 매자기가 전혀 발아를 하지 않는다고 보고하였으나 본 실험에서는 8% NaCl농도에서도 11%의 발아율을 관찰할 수 있었다. 이는 실험과정에 있어서 매자기 괴경의 부패를 방지하기 위해 발아율 측정과 동시에 NaCl용액을 교환해 줌으로써 발아조건이 양호하였고, 괴경의 외피의 마모현상에 의해 발아율이 증가한 것으로 생각되는데 이것은 일반 포장실험에서 관배수시의 관기수 이동으로 간 척답의 미사에 의한 종피의 마모현상이 발아율을 증가시키는 원인이 된다는 보고와 같은 현상으 로 생각된다(Ghosh *et al.*, 1971; 양 등, 1978).

Table 1에서 보는 바와 같이 염분농도의 증가에 따라 각 온도구배에서의 발아속도는 20~30℃ 에서 가장 빠르며 모든 온도구배에서 염분농도의 증가로 인해 발아속도가 늦어지는 것으로 나타 났다. 이러한 염분농도의 증가에 따른 발아속도의 저하정도는 다른 온도조건에서보다 20~30℃ 에서 덜한데, 이는 이 온도준위가 염분농도의 증가에 따른 염해의 영향을 비교적 적게 받고 있는 것으로 생각된다. 이러한 경향은 염생식물인 통통마디에서의 염분농도의 증가에 따른 발아억제

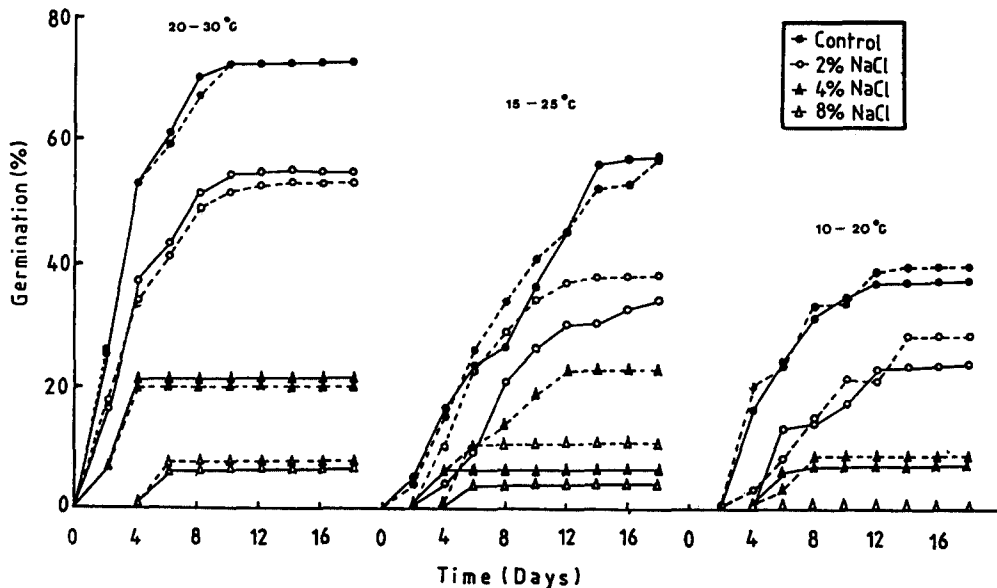


Fig. 1. Cumulative germination of tubers of *S. maritimus* at three temperature regimes(20~30℃, 15~25℃, and 10~20℃) treated with NaCl solution of four concentrations under 12hr light period(solid line) and dark period(dashed line). Time means days after sowing.

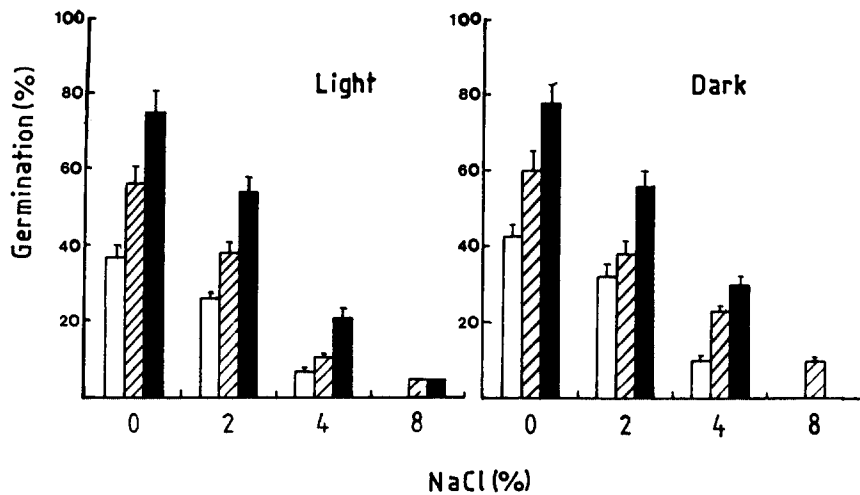


Fig. 2. Final germination(after 18 days)of tubers of *S. maritimus* at three temperature regimes treated with NaCl solutions of four concentrations under light and dark condition. The error bars represent the statistical variation in germination in three replicates of 20 tubers.
 □ : 10~20 °C, ▨ : 15~25 °C, ■ : 20~30 °C

Table 1. Index of germination velocity(G /t) of *S. maritimus* L. tuber under various temperature and NaCl solutions-light (and dark) treatment

NaCl(%)	Temperature °C (Night-Day)		
	10~20	15~25	20~30
0	15.1 (16.1)	19 (19.8)	32.5 (34)
2	8 (9.8)	11.2 (14)	23.3 (23)
4	2.5 (3.7)	4.2 (8)	9.3 (12)
8	0 (0)	1.3 (4.3)	1.3 (0)

* G : germination percentage at 1-day intervals,

t : total germination period.

Values in parenthesis indicate dark treatment

현상이 최적발아 조건에서 감소한다는 결과와 유사하였다(Khan and Weber, 1986). 매자기 피경은 낮 기온이 20~25°C인 4월말에서 5월 중에 발아가 왕성하므로 동일 염분농도에서 볼 때 높은 온도조건일수록 발아율이 증가하고, 시간이 흐름에 따라 염분에 대한 내성이 생겨 발아속도도 증가하는 것으로 생각된다. 그러나 일반적으로 염생식물의 경우 온도가 더욱 높아짐에 따라 발아율이 감소된다고 하는데, 이는 봄철에 발아가 가장 왕성하고 여름철이 되면서 기온상승으로 인해 토양의 수분함량이 낮아지게 되고 삼투 potential이 감소되어 종자의 수분 흡수력이 떨어지게 된다. 그리하여 발아율이 저하되고 유근 배측의 생장이 약해지는 것으로 생각된다(이와 이, 1971; Khan, 1982).

NaCl과 광의 영향

매자기 괴경의 발아율은 암처리군이 광처리군보다 모든 NaCl농도처리에서 약간씩 높게 나타났다(Fig. 3). 이것은 매자기 괴경이 지하경이므로 암발아의 특성을 가지고 있음을 나타내고, Table 1에서 보는 바와 같이 발아속도 역시 암처리구에서 더욱 빠른 것을 알 수 있다. McWhorter and Jordan(1976)은 종자의 종류에 따라서 광의 존재유무가 발아율에 영향을 미친다고 하였으며, 해안의 습지나 간척지에서 많이 자생하는 바다새(*Diplachne fusca* P. Beauv)의 방제에 관한 양 등(1979)의 연구에 따르면 바다새 종자의 발아는 광조건하에서가 암조건하에서보다 초기의 발아속도는 다소 빨랐으나 발아율은 88.5%, 87.9%로 광유무에 관계없이 거의 비슷한 경향을 보인다고 하였다.

NaCl저해에 대한 생장 조절물질의 영향 매자기 괴경은 GA_3 로 처리하였을 경우 염해에 의한 발아억제를 극복하여 발아를 촉진하였고, 암조건하의 GA_3 처리군이 광조건하의 GA_3 처리군보다 발아율이 높게 나타났다(Fig. 4). 또 염분농도가 낮을 때보다 높을 때 GA_3 에 의한 발아촉진 현상이 명확하게 나타났는데, 이는 매자기가 내염성식물로서 염분이 없는 토양에서보다 염분이 있는 간척지에서 잘 자라기 때문인 것으로 생각된다(Ghosh *et al.*, 1971; 허, 1975; 양 등, 1978).

Kinetin의 영향은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 발아 최적조건인 20~30°C 온도준위에서 대조구

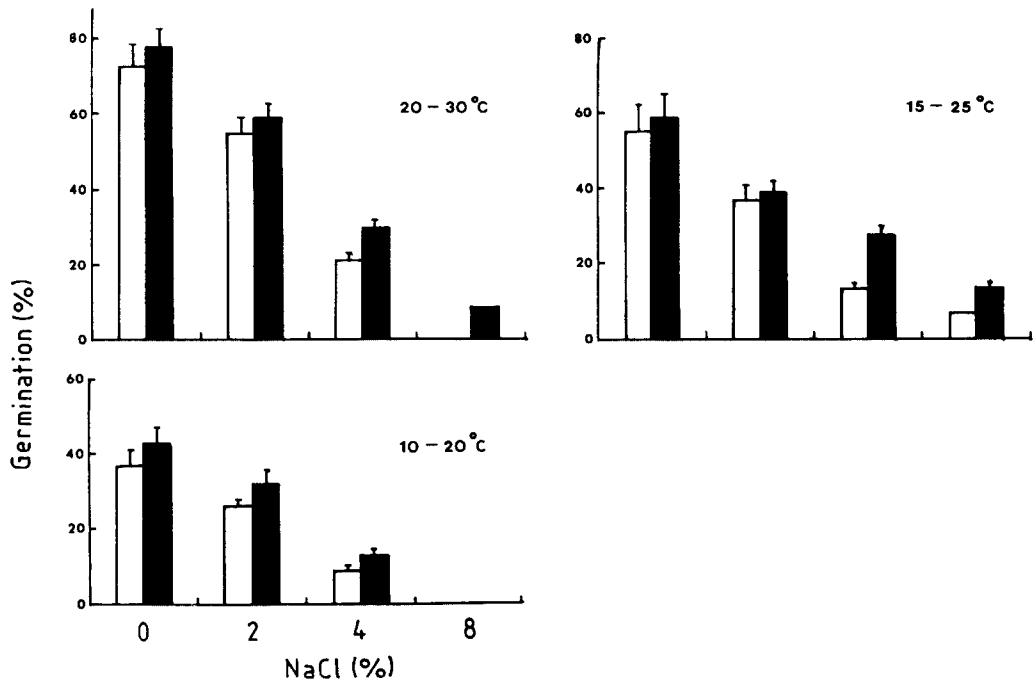


Fig. 3. Effects of light and dark conditions on the germination of tubers of *S. maritimus* at three temperature regimes treated with NaCl solutions of four concentrations.

□ : light, ■ : dark

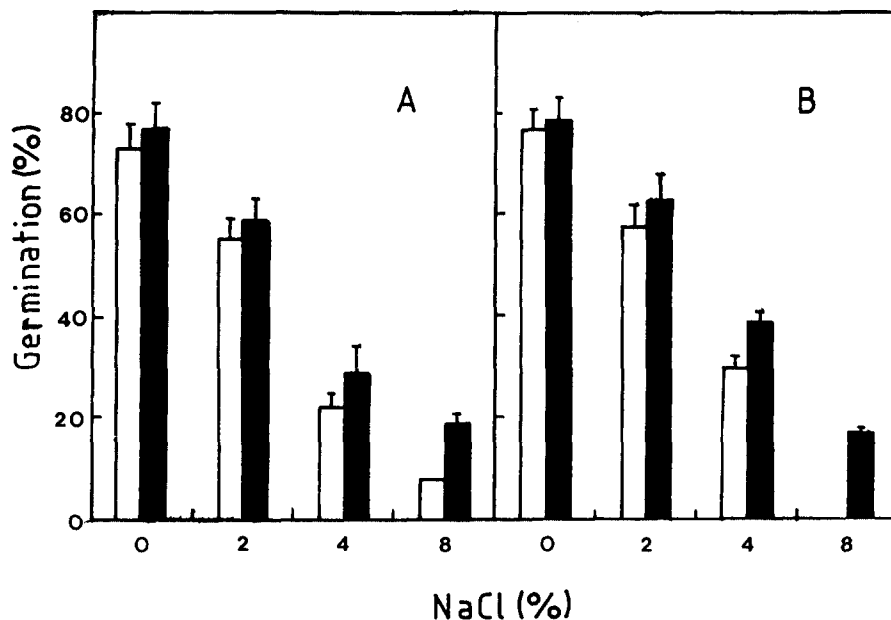


Fig. 4. Effects of GA₃(1×10^3 M) on salinity-induced germination inhibition of *S. maritimus* tubers at 20~30 °C temperature, 12/12hr light/dark(A) and 24hr dark(B) conditions, for 18 days.
 □ : NaCl solution, ■ : NaCl + GA₃

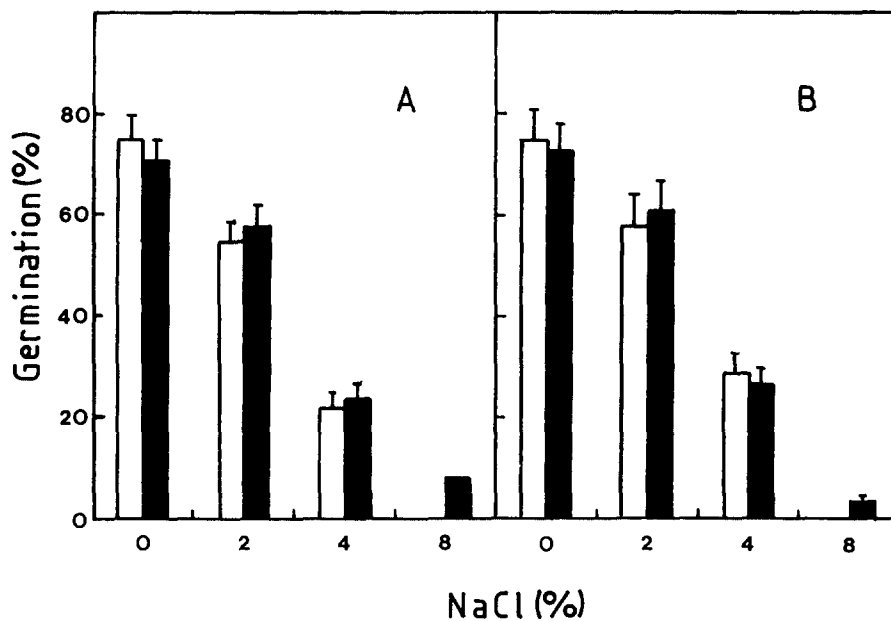


Fig. 5. Effects of kinetin(1×10^4 M) on salinity-induced germination inhibition of *S. maritimus* tubers at 20~30 °C temperature, 12/12hr light/dark(A) and 24hr dark(B) conditions, for 18 days.
 □ : NaCl solution, ■ : NaCl + kinetin

(0%)에 비해 2%, 4%(명조건에서만), 8% NaCl의 염분조건에서 약간씩 발아가 증가하였다.

Boucaud and Ungar(1973)는 염생식물 종자의 내적 작용기작에 관한 보고에서 내적 촉진물질로서 gibberellin은 종자발아시 초기에 약간 저해현상을 보이거나 결국 발아를 촉진한다고 하였고, 또한 kinetin은 cytokinin의 합성화합물로서 auxin존재하에서 세포분열을 촉진하는 물질이며, 내적 저해물질로서 염조건하에서 발아율이 감소한다고 보고하였다. 반면에 Khan and Ungar(1968)는 kinetin이 NaCl에 의한 발아억제 현상을 부분적으로 극복할 수 있다고 하였으며 본 실험의 매자기 껍경에서도 저농도보다는 고농도(8%)의 NaCl에서 약간의 발아촉진 효과가 있는 것으로 나타났다.

환경요인들의 상호작용 Table2와 3은 매자기 껍경의 발아율 및 발아속도에 미치는 염분, 온도, 광, GA₃ 등의 영향을 분산분석한 결과이다. 매자기 껍경의 발아율에 미치는 NaCl, 온도, 광, GA₃의 영향은 각각 P<0.001로 모두 유의적인 차이를 나타내었다. 그러나 온도만이 NaCl농도와 유의적인 상호작용을 나타내 발아율에 미치는 NaCl의 영향은 온도에 의존함을 알 수 있었다. 또한 발아속도에 미치는 각 요인들의 영향도 P<0.001로 유의적이었다. 특히 NaCl농도와 유의적인 상호작용을 나타낸 것은 온도요인으로서 이는 온도와 염분사이의 상호작용에 관한 Ungar(1967)와 Ahi and Power(1983)의 연구보고와 일치하였다. 매자기 껍경은 월동껍경으로서 겨울 동안 얼었던 토양이 봄철이 되면서 지온상승, 강우 등으로 인해 토양 내의 수분함량이 증가함에 따라 염해가 감소되어 발아율이 높아진 것으로 생각된다. 그러나 계속적인 기온상승은 토양의

Table 2. Analysis of variance for germination percentage of *S. maritimus* L. tuber in environmental gradients

Source of Variation	DF	SS	MS	F
NaCl	3	52878.125	17626.041	191.215***
Temperature	2	9148.211	4574.105	49.622***
GA ₃	1	1502.211	1502.211	16.297***
Light	1	523.267	523.267	5.677*
Na × Temp.	6	4006.125	667.688	7.243***
Na × GA ₃	3	306.478	602.159	1.108
Na × Light	3	161.379	53.793	0.524

* : 0.01 < p < 0.05

*** : p < 0.001

Table 3. Analysis of variance for germination velocity of *S. maritimus* L. tuber in environmental gradients

Source of Variation	DF	SS	MS	F
NaCl	3	8058.979	2686.326	154.401***
Temperature	2	2347.171	1173.585	67.454***
GA ₃	1	353.440	353.440	20.315***
Light	1	53.290	53.290	3.063***
Na × Temp.	6	1186.738	197.790	11.368***
Na × GA ₃	3	41.882	13.961	0.802
Na × Light	3	31.797	10.966	0.609

*** : p < 0.001

수분증발로 인해 종자가 염해를 입게 되어 발아의 감소를 유발한다. 그러므로 매자기 괴경의 가장 높은 발아율을 유도해 낼 수 있는 온도는 20~30℃의 온도임을 알 수 있다(Fig. 1).

摘 要

염생식물인 매자기(*Scirpus maritimus* L.) 괴경의 발아에 미치는 NaCl농도, 온도, 광, 생장 조물질(GA_3 , kinetin) 등의 영향을 조사하였다. 0~8% NaCl농도 범위에서 발아가 가능하였고, 시간경과에 따라 염분에 대한 내성이 증가하여 발아속도가 점차 증가하였다. 또 발아율의 호적 온도범위는 20~30℃ 였고, NaCl농도와 온도는 상보적 작용을 하여 낮은 온도의 염조건에서 보다 높은 온도의 염조건에서 발아율과 발아속도가 증가하였다. 또한 매자기 괴경은 암조건의 GA_3 처리구에서 발아가 촉진되어 이는 GA_3 가 NaCl에 의한 발아억제 현상을 극복할 수 있는 발아촉진제로서 작용하였으나, kinetin은 NaCl에 의한 발아억제를 비교적 고농도에서 약간 촉진하는 것으로 나타났다.

引用文獻

- 양환승·전재철·문영희. 1978. 서해안 간척답에 있어서 다년생 잡초 매자기 방제에 관한 연구:1. 매자기 분포. 한작지 23(1).
- . 1978. 서해안 간척답에 있어서 다년생 잡초 매자기 방제에 관한 연구: 2. 매자기의 생리생태적 연구. 한작지 23(2).
- 양환승·김무기·전재철. 1976. 다년생 잡초의 생태에 관한 연구. 한작지 21(1).
- 양환승·김무기·문영희·이경길·노승표·황창주·김규태. 1979. 간척답에 있어서 문제잡초 바다새의 방제에 관한 연구. 농사시험연구보고(농업기술편) 제 21집:87-99.
- 이민재·이영록. 1971. 식물 생리학. 탐구당.
- 허건성. 1975. 간척답에 있어서 문제의 잡초:매자기에 관한 연구. 농진공미면사무소:1-20.
- Ahi, S. M. and W. L. Power. 1983. Salt tolerance of plants at various temperature. Plant Physiology 13:767-789.
- Boucaud, J. and I. A. Ungar. 1973. The role of hormones in controlling the mechanically induced dormancy of *Suaeda* spp., Physiol. Plant 29:97-102.
- Ghosh, A. K., D. K. Kim and S. K. Dedatta. 1971. Germination, growth rate and control of the perennial sedge, *Scirpus maritimus* L., in tropical rice. Proceeding of 3rd APWSS 2:249-256.
- Ignaciuk, R. and J. A. Lee. 1980. The germination of four annual strand-line species. New Phytol. 84:581-591.
- Khan, M. A. 1982. The physiology and biochemistry seed development, dormancy and germination. Elsevier Amsterdam.
- Khan, M. A. and I. A. Ungar. 1968. The role of hormones in regulating the germination of polymorphic seeds and early seedling growth of *Artiplex triangularis* under saline conditions. Physiol. Plant 63:109-113.
- Khan, M. A. and I. A. Ungar. 1984. The effect of salinity and temperature on the germi-

- nation of polymorphic seeds and growth of *Atriplex traingularis* Willd. Amer. J. Bot. 71:481-489.
- Khan, M. A. and D. J. Weber. 1986. Factors influencing seed germination in *Salicornia pacifica* var *utahensis* Munz. Amer. J. Bot. 73(8):1163-1167.
- Malcolm, E. V. 1964. Effect of salt, temperature and seed scarification on germination of two varieties of *Arthrocnemum halocnemoides*. J. Roy West Aust. 47:72-74.
- McWhorter, C. G. and T. N. Jordan. 1976. The effect of light and temperature on the growth and development of Johnsongrass. Weed Sci. 24(1):88-91.
- Mooring, M. T., A. W. Cooper and E. D. Seneca. 1971. Seed germination of response and evidence for height acophenes in *Spartana alterniflora* from north Carolina. Amer. J. Bot. 58:4-55.
- Nie, N. H., C. H. Hull, J. C. Jekeneis, K. Steibrenner, D. H. Bent. 1975. Statistical package for the social sciences. Mcgraw Hill, inc. United States of America.
- Uhivits, R. 1946. Effects of osmotic pressure in water absorption and germination of alfalfa seeds. Amer. J. Bot. 33:278-285.
- Ungar, I. A. 1967. Influence of salinity and temperature on seed germination. Ohio J. Sci. 67:120-123.
- . 1968. Species-soil relationship on the Great salt Plains of northern Oklahoma. Amer. Midland Nature 80:392-406.
- . 1984. Alleviation of seed germination in *Spergularis marina*. Bot. Gaz. 145:33-36.
- Visperas, R. M. and B. S. Vergia. 1974. Ecological approach in the control *Scirpus maritimus* L. IRRI saturday seminar:1-16.
- Young, J. A., B. A. Kay, H. Gorge and R. A. Edvance. 1980. Germination of three species of *Atriplex*. Agron. J. 72:705-709.

(1992年 3月 3日 接受)