

## 鹽도가 금강소나무의 種子發芽와 幼苗成長에 미치는 影響

李 浩 俊 · 金 善 昊  
建國大學校 理科大學 生物學科

### Effect of Salinity on the Seed Germination and Seedling Growth of *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki

Lee, Ho-Joon and Seon Ho Kim

Dept. of Biology, College of Natural Science, Kon Kuk Univ.

#### ABSTRACT

The effect of salinity on the seed germination and seedling growth of *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki were studied under the controlled conditions in the growth chamber.

The seeds were sorted into three classes in weight such as large ( $15.49 \pm 1.63$  mg), medium ( $10.61 \pm 1.38$  mg), and small ( $6.57 \pm 1.33$  mg) to determine the role of seed weight in germination and seedling growth of the pine. Polymorphic seeds of the pine were germinated at salinity range of 0 to 1.5 % NaCl under various temperature ( $10^{\circ}$ - $25^{\circ}$  with  $5^{\circ}$ C interval of constant temperature, and  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$ C,  $15^{\circ}$ - $25^{\circ}$ C of alternating temperature) in order to determine their germinability and seedling growth.

In control plot, there was little difference of germination percentage among the seed weight classes, but in saline plot, the larger seeds generally had a higher percentage and rate of germination. There occurred synergistic interaction between salinity and temperature in the germination and the increase of temperature enhanced germination of seeds at the same salinity level. Alternating temperature regimes of  $15^{\circ}$ - $25^{\circ}$ C yielded maximum germination and no germination was occurred at  $10^{\circ}$ C. The germination at alternating temperature showed higher germination percentage than at constant temperature. The percentage and rate of germination decreased drastically with increased salinity level to 1.00%; no germination was occurred at 1.50% salinity level. The growth of seedlings from larger seeds was better than that of smaller seeds at the same salinity and temperature. The hypocotyl and radicle were more sensitive than cotyledon to the increased salinity stress.

#### 緒 論

금강소나무 (*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)는 太白山脈을 中心으로 江原道 南部와 慶尙北道 北部地方에 自生하며, 소나무와 곰솔의 自然雜種으로 Uyeki(1928)에 의해서 報告된 木質이 優秀한 樹種이다.

줄기의 하부 樹皮가 회색으로 깊이 갈라져 떨어지는 것은 곰솔과 같으나 상부의 樹皮는 적갈색이며 얇은 박편으로 되어 떨어져 마치 소나무의 樹皮와 흡사한 形態를 하고 있다(李, 1986).

이 樹種은 다른 소나무보다 樹幹이 곧고, 耐濕性이 強할 뿐만 아니라 各種害蟲에도 強하고 材質이 치밀하며 木材에 균열이 생기지 않아 오랜기간 원형 그대로 保存할 수 있는 特性을 가지고 있어 建築, 土木, 高級家具 등의 資材로 利用性이 높은 韓國의 特産種이다. 그러나 이와같은 優良樹種임에도 불구하고 금강소나무 種子에 의한 繁殖過程이나 發芽習性에 關한 研究는 거의 없는 실정이다.

本 研究는 금강소나무의 種子發芽와 分布의 制限要因 中の 하나로 보이는 鹽分이 種子의 發芽와 幼苗의 成長에 미치는 影響과 種子의 크기에 따른 多形成과의 關係를 究明하고, 이를 토대로 금강소나무의 分布와 土壤鹽分과의 相關關係에 대한 기초자료를 얻기 위해 실시하였다.

## 材料 및 方法

### 材料

1985년과 1986년 10월 경북 울진군 서면 소광리에서 금강소나무 種子를 採種하여 냉장고(4~7°C)에 각각 3개월간 保管하였다가 實驗에 使用하였다.

種子를 採取한 母樹는 30~40년생 20本을 택했으며 種子는 母樹에 달려있는 毬果로부터 採種하였다.

### 方法

#### 母植物分布地の 環境調査

금강소나무의 分布와 土壤環境과의 상관계 여부를 把握하기 위해 금강소나무의 分布와 土壤環境을 調査하였다.

土壤鹽度는 土壤 20 g을 250 ml 삼각프라스크에 넣고 100 ml의 증류수를 가한 후 environmental shaker(Lab-Line Instrument, Inc.)에서 150 rpm으로 1時間동안 진탕시켰다. 진탕시킨 溶液은 여과시켜 試溶液을 만들고 ion chromatography(Dionex 2020i)로 試溶液 中の chloride 濃度を ppm單位까지 測定하여 sodium과의 結合肥(0.6485)에 의해 鹽度を 산출하고, 이 測定值에 土壤의 희석배수(5倍)을 곱해 土壤鹽度を 구했다.

Ion chromatography 使用時 음이온칼럼을 利用했고, 용리액은 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 재생액은 0.0028 M NaHCO<sub>3</sub>와 0.00225 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>를 使用하였다. 펌핑압력은 810 psi, 유속은 1.7 ml/min, 전기전도도는 19.8이었다.

土壤의 pH는 土壤 20 g을 증류수와의 비(W/W)가 1:5로 되도록 희석, 10分間 진탕시킨 後 방치해 土壤이 가라앉은 後의 상등액을 다른 비이커에 옮겨 glass electrode pH meter(Philip Co.)로 測定하였다. 土壤有機物量은 105°C에서 恒量이 될때까지 乾燥시킨 土壤을 전기로에 넣어 700°C에서 1時間 灼熱시킨 後 데시케이터에 넣어 냉각시켜 灼熱 後의 土壤무게를 mg單位까지 稱량하고 乾燥土壤과의 무게 差異로 구하였다.

#### 發芽와 幼苗의 成長實驗

光 및 溫度條件이 調節된 growth chamber(Hotpack Co.)內에서 發芽와 幼苗의 成長을 實驗하였다.

光은 20 watt 형광등(sylvania cool white)을 光源으로 하여 每日 12時間씩(09:00~21:00時) 種子와 幼苗에 照射시켰으며 pot나 페트리접시에 이르는 照度는 3,000 lux로 調節하였다.

鹽分의 濃度(0.25%, 0.50%, 1.00%, 1.50%) 變化에 따른 發芽와 幼苗의 成長時의 溫度條件은 10°, 15°, 20°C 및 25°C의 4개 溫度區와 10°C와 20°C에서 각각 12時間 간격으로 變溫 유지시킨 區와 15°와 25°C에서 각각 12時間 간격으로 變溫유지시킨 2개의 變溫 區로 나누어 實驗을 實施하였다.

光은 growth chamber에서 溫度變化가 있을때(10° - 20°C, 15° - 25°C), 20°C와 25°C에 도달되면 12時間씩 種子와 幼苗에 照射시켰다.

發芽率은 每日 18:00時에 發芽된 種子의 數를 세어 산출했으며, 發芽勢는 Timson (1965)의 發芽速度係數( $\Sigma G/T : G$ , 2日間の\*發芽率; T, 總發芽所要日數)를 適用했는데 本 實驗에서 나타날 수 있는 最大數値는 50이며 數値가 높을수록 發芽勢가 강한 것을 意味한다.

幼苗의 成長은 播種 21日後의 幼苗의 길이와 幼苗의 乾重量을 測定하여 調査하였다. 測定時의 幼苗의 길이는 mm單位까지, 乾重量은 80°C 건조기에 48時間 乾燥시킨 後 mg單位로 器官別로 測定하였다.

種子是 소독시킨 後 約 30分間 水洗시킨 다음 종자무게 6.57±1.33 mg을 小形, 10.61±1.38 mg을 中形, 15.49±1.63 mg을 大形으로 分類하여 각각 實驗群으로 使用하였다.

## 結果 및 考察

### 금강소나무의 分布域

금강소나무가 自生하는 分布域은 Uyeki(1928)가 區分한 6가지型 中 金剛型에 속하는 地域으로 太白山脈을 中心으로 江原道 南部와 慶北 北部地方에 分布하고 있다(Fig. 1).

慶北地方은 樹齡 10~500年 사이의 金강소나무가 1.625 ha에 걸쳐 自生하고 있는 울진군 소광리 지역을 비롯(울진군 서면, 1987), 불영사계곡, 봉화, 청송, 영양, 안동부근에 集團으로 분포하며 江原地方에서는 인제, 홍천, 양양, 명주, 평창지역에 集團으로 分布한다. 또한 계방산 주변인 진부령일대(李와 金, 1981), 설악산일대에도 分布한다(李 등, 1984; 任과 白, 1985). 金강소나무는 곰솔이나 소나무와는 달리 土壤鹽度에 制限을 받지 않고 內陸으로는 洪川부근까지, 海岸으로는 낙산까지 그 分布域이 內陸과 海岸에 걸쳐있으며 南으로는 영덕부근, 北으로는 인제부근까지 分布하고 있다.

分布地의 土壤狀態를 보면(Table 1), 土壤 pH는 소광리가 5.8~6.6, 낙산이 6.3~6.9로 두 지역간의 큰 差異가 없었고, 土壤의 鹽度는 소광리가 0.007~0.009%, 낙산부근은 0.010~0.020%로 소광리에 비해 현저히 鹽度가 높으며 土壤有機物量이나 土壤含水量은 두 지역간에 큰 差異가 없었다.

한편 金강소나무 分布와 年平均降水量分布(기상연보, 1972~1986)와는 相關이 없었고 Warmth Index 55以上 100未滿에 分布하는 것으로 나타났다(Yim and Kira, 1975).

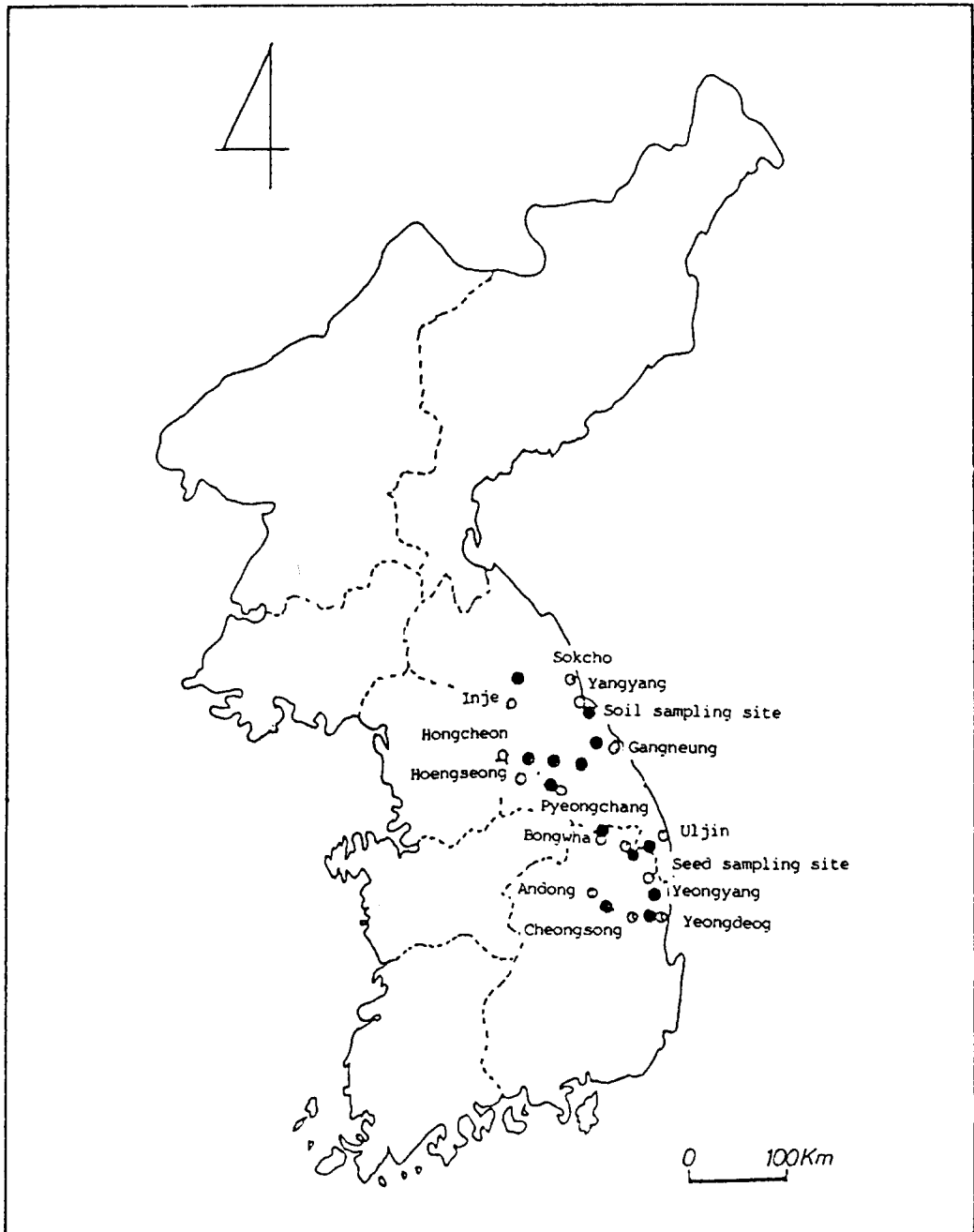


Fig. 1. Distribution of *Pinus densiflora* for. *erecta* in the Korea.

Black circle, *P. densiflora* for. *erecta* forest; White circle, geographical name.

**Table 1.** Analysis of the *Pinus densiflora* for. *erecta* forest soil

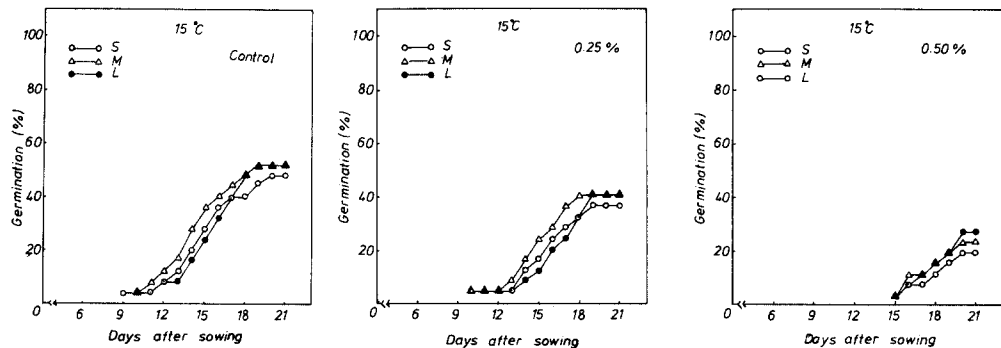
| Locality | No. of plot | Slope    | pH  | O.M. (%) | Salinity (%) |
|----------|-------------|----------|-----|----------|--------------|
| Nak san  | 1           | Sea side | 6.9 | 5.08     | 0.017        |
|          | 2           | Sea side | 6.8 | 5.61     | 0.020*       |
|          | 3           | Sea side | 6.6 | 6.45     | 0.011        |
|          | 4           | Sea side | 6.6 | 5.36     | 0.020*       |
|          | 5           | Sea side | 6.5 | 10.03    | 0.010        |
|          | 6           | Sea side | 6.3 | 4.61     | 0.020*       |
| So kwang | 7           | Inland   | 6.0 | 3.47     | 0.008        |
|          | 8           | Inland   | 5.8 | 6.89     | 0.009        |
|          | 9           | Inland   | 6.4 | 10.05    | 0.009        |
|          | 10          | Inland   | 6.5 | 5.20     | 0.007        |
|          | 11          | Inland   | 6.4 | 6.90     | 0.009        |
|          | 12          | Inland   | 6.6 | 8.94     | 0.008        |

No mark-surface soil; \*-30cm in depth of soil.

**鹽度 및 溫度的 影響**

**發芽**

15°C에서 鹽度を 달리하여 實驗한 結果(Fig. 2), 對照區에서는 播種 9日後부터 發芽가 始作되었으나, 0.25%區에서는 10日, 0.50%區에서는 15日後부터 發芽가 始作되어 1~6日間の 發芽지연을 나타냈다. 또한 最終發芽率은 鹽分濃度の 경우 對照區에서 小形, 中形, 大形種子의 順으로 發芽率이 각각 48%, 52%, 52%였던 것이, 鹽分濃度 0.50%區에서는 發芽率이 20%, 24%, 28%로 현저히 감소하고 鹽分濃度 1.00%區 以上에서는 發芽하지 않았다.



**Fig. 2.** Effect of various salinity (control, 0.25, 0.50, 1.00 and 1.50%) on the germination of *Pinus densiflora* for. *erecta* seeds of different size at 15°C.

No germination was occurred at 1.00 and 1.50% salinity level.  
Seed size class: S,small seeds; M,medium seeds; L,large seeds.

Hocking(1982)은 鹽分으로 인한 種子發芽의 지연 및 억제현상은 鹽分の作用때문에 種子内部의 水分條件이 發芽에 不適合한 狀態로 변하기 때문이라 하였는데, 금강소나무의 경우 15°C에서 나타난 發芽의 抑制現象은 이와같은 原因으로 생각된다.

發芽速度係數(Table 2)는 對照區와 0.25% 鹽分濃度區에서 小形種자가 8.00 및 5.60, 中形이 9.20과 6.60, 大形이 7.80과, 5.20으로, 大型種자의 發芽速度係數가 가장 낮았으며 發芽開始도 小形에 비해 大形 種자가 1日 늦었다. 이는 Da Lianis(1980)가指摘한 바와 같이 大形種자는 小形種자에 비해 種子부피에 對한 種皮面積의 比가 낮기 때문에 發芽에 必要한 水分狀態에 이르는데, 時間이 더 所要되고 이로 인해 發芽始作時間이 늦어진 것으로 보인다.

20°C (Fig. 3)에서는 15°C에 비해 全 鹽分處理區에서 最終發芽率이 현저히 增加하였으며, 發芽始作時間은 15°C에 비해 對照區 및 0.25%區에서 3日, 0.50%區에서는 7日이나 빨라졌다. 發芽速度係數도 15°C, 對照區에서 種자의 크기에 따라 7.80~9.20이었던 것이 20°C에서는 19.80~22.80으로 매우 높아졌는데 Uchiyama(1981)가指摘한 바와 같이 溫度의 상승에 따라 種자의 水分吸收가 促進되었기 때문으로 해석된다. 또한 15°C에서는 發芽되지 않았던 1.00%區에서 發芽가 可能했던 것은(4~8%) Evenari(1956)가 報告한 바와 같이 溫度와 鹽分の 相互作用 때문으로 생각된다. 20°C에서는 15°C와 달리 種子

**Table 2.** Index of germination velocity of *Pinus densiflora* for. *erecta* seeds from various salinity and temperature treatments

| Temp. (°C) | Seed Size | Salinity (%) |       |       |      |      |
|------------|-----------|--------------|-------|-------|------|------|
|            |           | Cont.        | 0.25  | 0.50  | 1.00 | 1.50 |
| 15         | S         | 8.00         | 5.60  | 2.00  | 0.00 | 0.00 |
|            | M         | 9.20         | 6.60  | 2.60  | 0.00 | 0.00 |
|            | L         | 7.80         | 5.20  | 2.60  | 0.00 | 0.00 |
| 20         | S         | 19.80        | 13.40 | 7.00  | 0.60 | 0.00 |
|            | M         | 22.80        | 15.60 | 8.80  | 0.80 | 0.00 |
|            | L         | 21.00        | 15.20 | 9.80  | 0.80 | 0.00 |
| 25         | S         | 25.40        | 16.20 | 9.80  | 0.80 | 0.00 |
|            | M         | 27.40        | 19.40 | 14.00 | 1.00 | 0.00 |
|            | L         | 26.90        | 20.00 | 16.00 | 1.00 | 0.00 |
| 10-20      | S         | 20.80        | 13.60 | 8.80  | 0.60 | 0.00 |
|            | M         | 22.20        | 16.00 | 10.40 | 1.00 | 0.00 |
|            | L         | 20.80        | 16.40 | 11.80 | 1.00 | 0.00 |
| 15-25      | S         | 25.20        | 16.80 | 11.60 | 1.00 | 0.00 |
|            | M         | 27.20        | 20.00 | 13.80 | 1.20 | 0.00 |
|            | L         | 26.00        | 20.60 | 15.40 | 1.20 | 0.00 |

Seed size class; S, small seeds; M, medium seeds; L, large seeds.

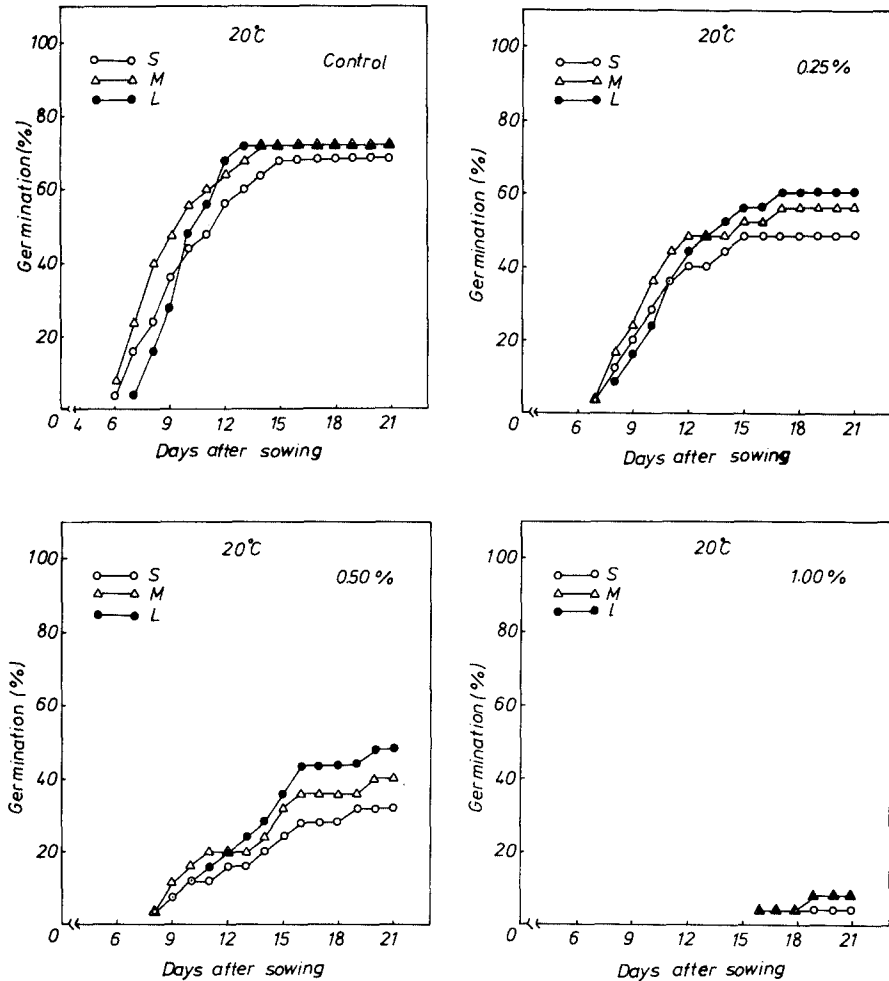


Fig. 3. Effect of various salinity (control, 0.25, 0.50, 1.00 and 1.50%) on the germination of *Pinus densiflora* for. *erecta* seeds of different size at 20°C. No germination was occurred at 1.50% salinity level.

의 크기에 따른 最終發芽率의 差異가 0.25%와 0.50% 鹽分處理區에서 나타났는데, 이것은 低溫으로 인해 나타나지 않았던 鹽分에 對한 種子크기별 耐性의 差異가 나타난 것으로 생각된다. 즉 小形種子是 大形種子에 비해 耐鹽力이 낮기 때문에 鹽分으로 인한 發芽抑制의 幅이 크고, 大形種子是 發芽抑制의 幅이 작아서 Khan과 Ungar(1984)의 *Atriplex triangularis* Willd 實驗에서와 같이 大形, 中形, 小形의 順으로 發芽率이 낮아지게 된 것으로 사료된다.

그러나 0.25%와 0.50% 鹽分處理區에서 나타났던 種子の 크기에 따른 耐鹽力의 差異가 1.00%區에서는 나타나지 않았다. 이것은 1.00% 鹽分濃度가 種子別 耐鹽力의 差異가 表現될 수 없을 정도로 강한 抑制要因으로 作用했기 때문이라고 해석된다.

25°C 에는 發芽始作時間이 20°C 에 비해 對照區, 0.25%區, 0.50%區에서 각각 2日, 1.00%區에서는 1日 빨라졌다(Fig. 4). 發芽率도 20°C 에 비해 增加해 20°C 의 對照區에서 種子의 크기別로 68~72%이었던 것이 25°C 에서는 80%로 增加했다. 發芽速度係數 역시 20°C 에서 19.80~22.80이었던 것이 25.40~27.40으로 增加해 發芽率뿐 아니라 發芽勢도 強해진 것으로 나타났다.

全(1976)은 *Pinus koraiensis* 種子는 種子의 크기에 따른 最終發芽率의 差異가 없었다고 했으며 明石(1966)은 *Pinus thunbergii* 種子도 種子의 크기別 發芽率의 差異가 나타나지 않았다고 밝혔다. 금강소나무의 경우, 恒溫 對照區에서 種子의 크기에 따른 發芽率의 差異가 없었는데 이것은 全(1976)의 實驗과 거의 一致하는 것으로 생각된다. 鹽分濃도에 있어서 對照區의 경우 全 恒溫處理區에서 種子의 크기에 따른 發芽率의 差異는 없었지만 發芽速度係數는 中形種子가 가장 높게 나타났는데, 鹽分の 抑制가 없는 狀態에서는 中形

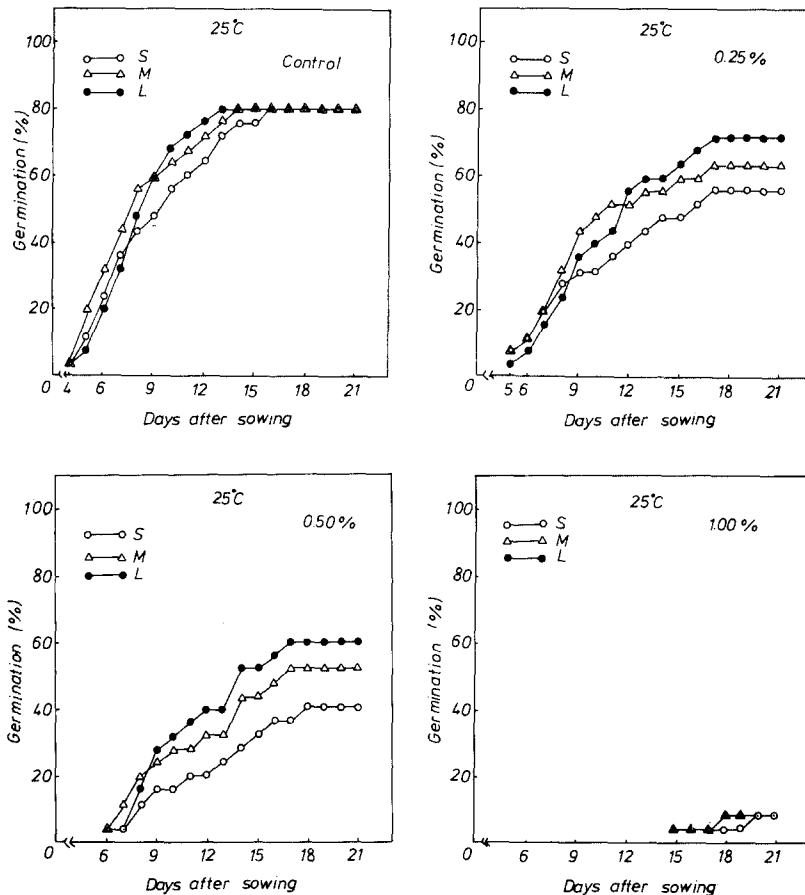


Fig. 4. Effect of various salinity (control, 0.25, 0.50, 1.00 and 1.50%) on the germination of *Pinus densiflora* for. *erecta* seeds of different size at 25°C.

No germination was occurred at 1.50% salinity level.



種子の發芽勢가 小形과 大形種子에 비해 강한 것으로 생각된다. Amen(1968)은 低溫에서의 發芽抑制은 효소활성이 낮아지기 때문이라고 하였다. 本實驗의 경우 10°C에서 發芽가 되지 않은 것과 20°C, 25°C에 비해 15°C에서 發芽始作時間과 發芽率이 낮고 낮은 것도 같은 理由로 사료된다.

溫度를 10°C에서 20°C로 變溫시켰을 경우 (Fig. 5), 鹽分濃度를 對照區, 0.25%, 0.50% 및 1.00%로 調節한 條件下에서, 20°C 恒溫處理區에 비해 發芽始作時間은 다소 늦었지만 最終發芽率은 全般的으로 높게 나타났으며, 對照區의 경우 20°C에서 68~72%였던 것이 76~80%로 增加하는 傾向을 보였다.

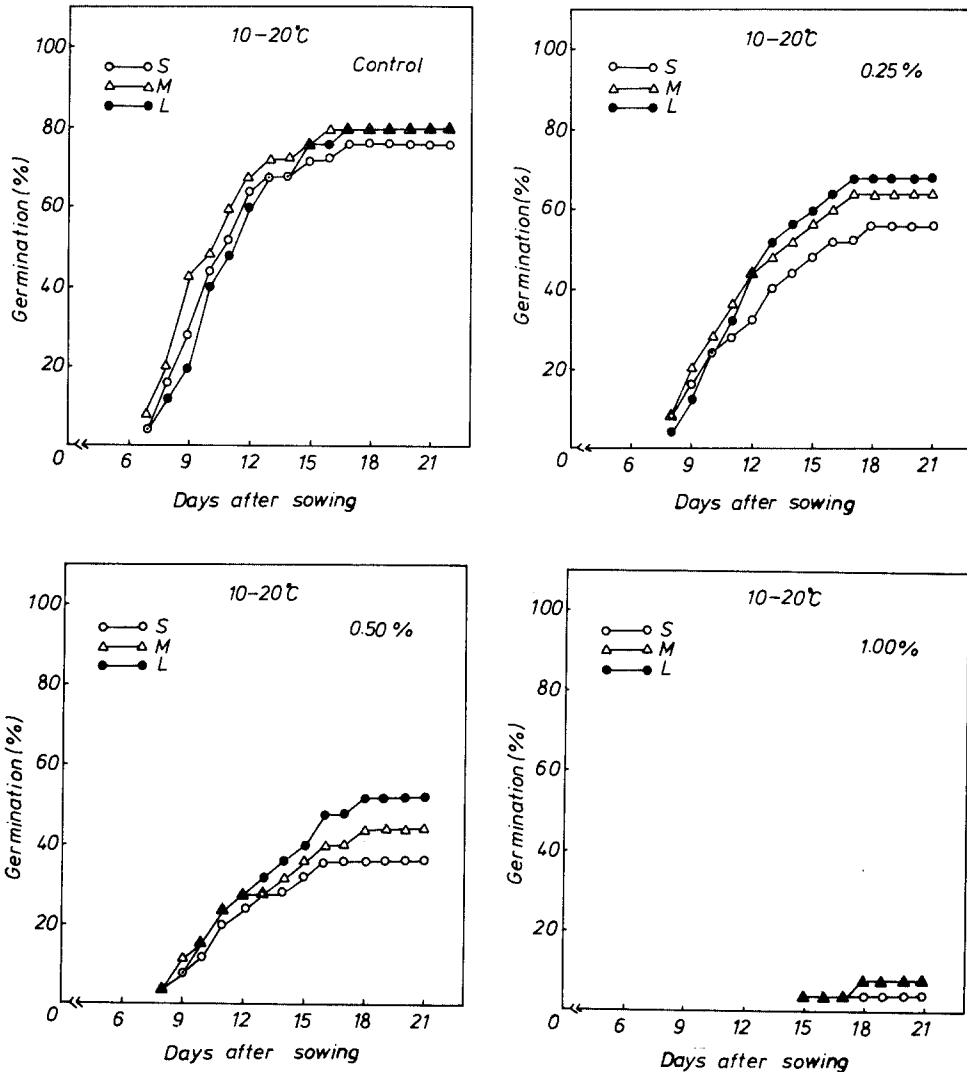


Fig. 5. Effect of various salinity (control, 0.25, 0.50, 1.00 and 1.50%) on the germination of *Pinus densiflora* for. *erecta* seeds of different size at 10°-20°. No germination was occurred at 1.50% salinity level.

Cohen(1958)은 恒溫時에 비해 變溫時에 發芽가 促進되는 것은 溫度의 差等效果(differential effect)로서 發芽中에 溫度가 바뀌면 種子內에 있는 發芽를 抑制하는 物質이 可用性인 것으로 變하기 때문이라 했는데, 本 實驗에서 恒溫時에 비해 變溫時의 發芽率이 높은 것도 같은 理由로 해석된다.

發芽速度係數의 경우 恒溫에서는 種子의 크기에 따라 差異가 있었으나 變溫處理區에서 種子의 크기에 따른 差異가 감소하는 傾向이 있었는데 變溫의 發芽促進效果로 因해 種子

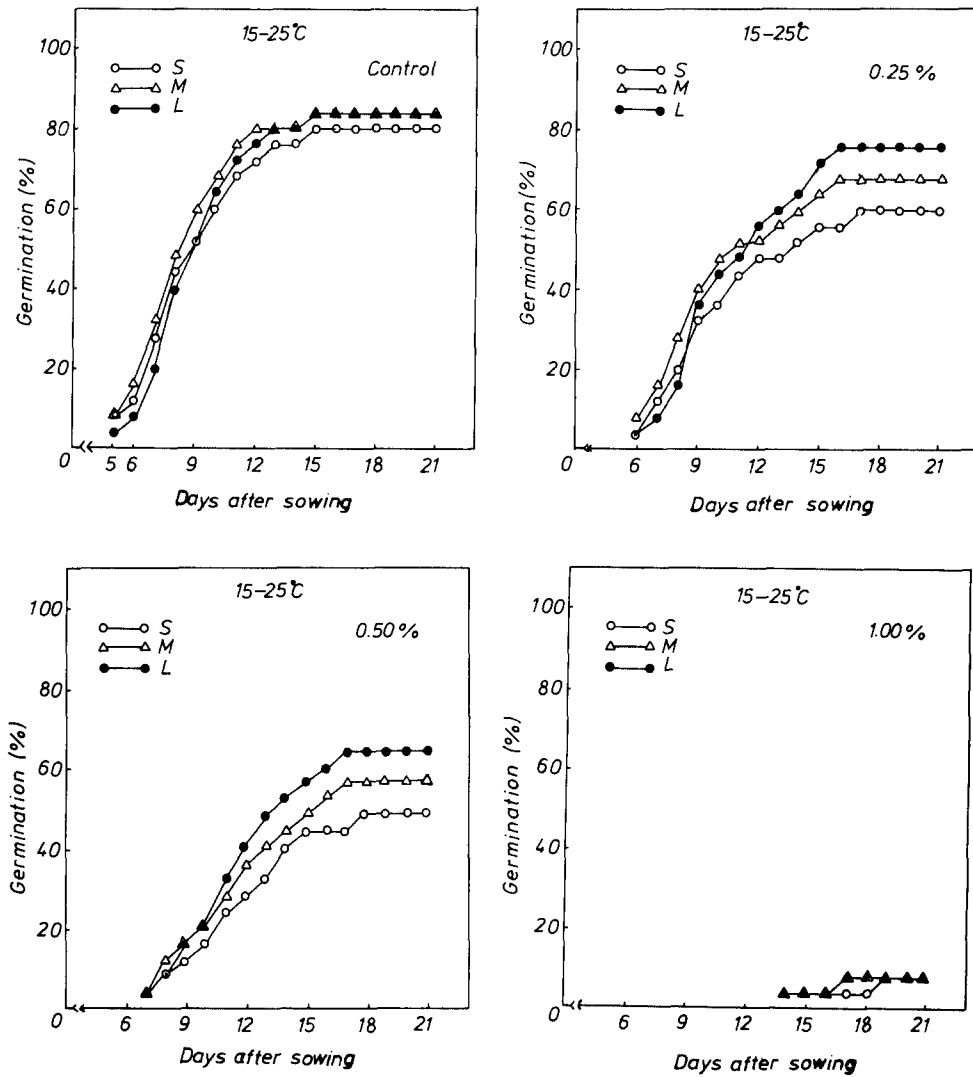


Fig. 6. Effect of various salinity (control, 0.25, 0.50, 1.00 and 1.50%) on the germination of *Pinus densiflora* for *erecta* seeds of different size at 15°-25°C. No germination was occurred at 1.50% salinity level.

의 크기에 따른 發芽勢의 差異가 減少했기 때문에 생각된다.

15°-25°C 變溫處理區 (Fig. 6) 역시 25°C 恒溫處理區에 비해 높은 發芽率과 發芽速度係數를 나타냈는데 이것은 10°-20°C에서 發芽率과 發芽速度係數가 增加한 것과 同一한 原因으로 보인다. 또한 이와 같은 變溫의 發芽促進效果로 보아 自然狀態에서의 溫度條件이 種子의 發芽를 促進시키는 原因으로 作用할 것으로 사료된다.

本 實驗에서 10°-20°C에 비해 15°-25°C의 變溫處理區에서 發芽率과 發芽勢가 增加한 것은 (Fig. 7), 溫度가 올라가면 세포막의 투과율이 높아지며 (Taylorson and Hendricks, 1977) 대사의 활성도가 증가하는데서 (Koller and Hadas, 1982) 起因하는 것으로 생각되며, 恒溫時에 비해 變溫時에 發芽率이 높은 *Atriplex glabruscla*와 *Atriplex laciniata* 種子의 경우나 (Ignaciuk and Lee, 1980), *Oenothera odorata* Jacq. 種子의 發芽와 (Kim and Kim, 1987) 本 實驗의 結果는 變溫時 發芽率이 增加하는 傾向이 一致하는 것으로 보인다.

全 溫度區에서 1.50%의 鹽度下에서는 發芽하지 않았는데 이것은 금강소나무 種子의 發芽限界濃도가 1.00%에서 1.50% 사이인 것을 意味한다.

本 實驗에서 種子의 크기에 따른 發芽限界濃度の 差異는 없었지만 最終發芽率에 나타난 種子의 크기別 耐鹽力의 差異는 5% 수준에서 有意性이 있었고 鹽度와 溫度로 因한 發芽率의 差異는 0.1% 수준에서 有意性이 있었다 (Fig. 7, Table 3).

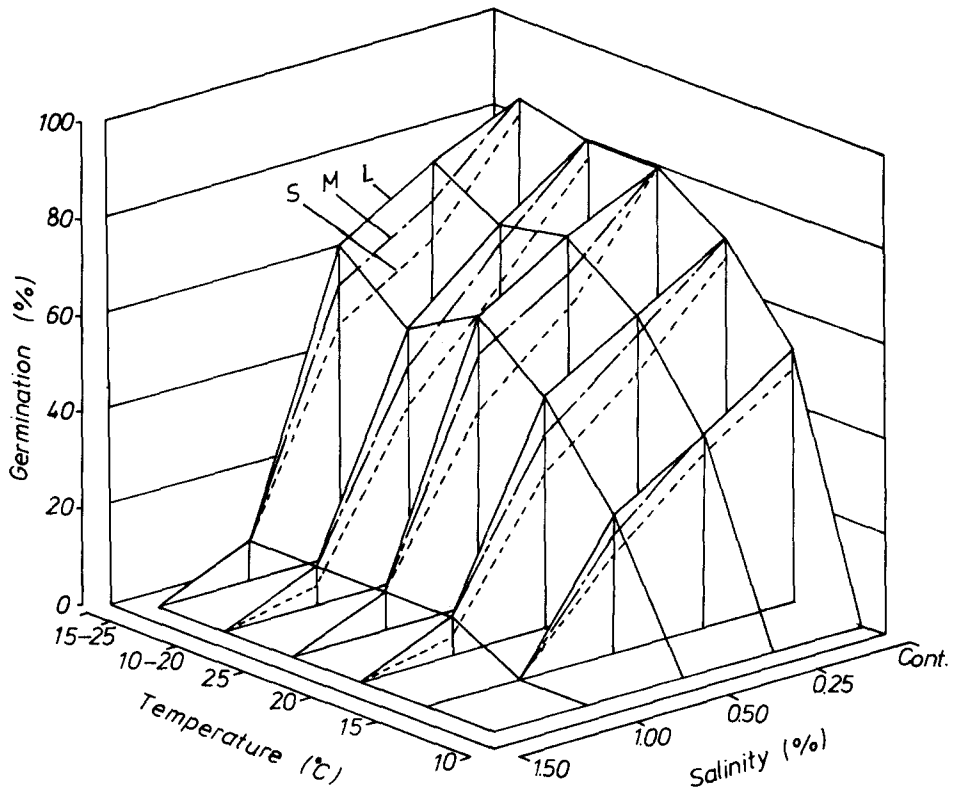


Fig. 7. Effect of salinity and temperature on seed germination of *Pinus densiflora* for. *erecta*.

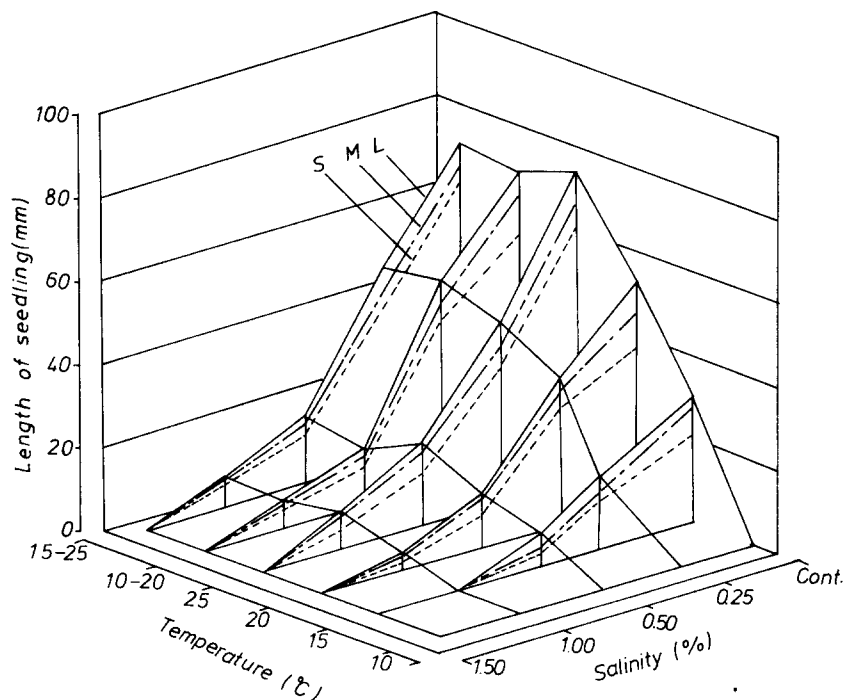
**Table 3.** Summary of analysis of variance for germination, cotyledon, hypocotyl & radicle length, and dry weight

| Dependence variable  | Source      | df | S.S.      | M.S.     | F         |
|----------------------|-------------|----|-----------|----------|-----------|
| Germination (%)      | Salinity    | 4  | 12,102.44 | 3,025.61 | 243.69*** |
|                      | Seed size   | 2  | 110.70    | 55.35    | 4.46*     |
|                      | Temperature | 4  | 789.72    | 197.43   | 138.06*** |
| Length (mm)<br>Coty. | Salinity    | 4  | 368.33    | 92.08    | 236.10*** |
|                      | Seed size   | 2  | 5.11      | 2.56     | 6.56*     |
|                      | Temperature | 4  | 54.27     | 13.57    | 193.86*** |
| Hy. & Ra.            | Salinity    | 4  | 3,397.90  | 849.48   | 187.52*** |
|                      | Seed size   | 2  | 51.03     | 25.52    | 5.63*     |
|                      | Temperature | 4  | 291.82    | 72.96    | 456.00*** |
| Dry weight (mg)      | Salinity    | 4  | 57.55     | 14.39    | 53.30***  |
|                      | Seed size   | 2  | 2.71      | 1.36     | 5.04*     |
|                      | Temperature | 4  | 10.87     | 2.71     | 30.11***  |

df-degree of freedom; S.S.-sum of square; M.S.-mean of square.

### 幼苗의 成長

播種 21日 後의 幼苗의 成長은 全 溫度區에서 鹽分濃度가 增加됨에 따라, 伸張成長과 乾重量은 모두 현저히 감소하는 傾向을 나타냈으며 (Figs. 8, 9, Tables 4~7), 鹽分으로



**Fig. 8.** Effect of salinity and temperature on seedling growth (length) of *Pinus densiflora* for. *erecta*.

**Table 4.** Mean cotyledon, hypocotyl & radicle length of *Pinus densiflora* for. *erecta* seedling after 3 weeks of sowing under various salinity treatments at constant temperatures. Mean  $\pm$  S.D.

(unit: mm)

| Temp. (°C) | Parts of plant | Seed size | Salinity (%)     |                  |                  |                 |
|------------|----------------|-----------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
|            |                |           | Cont.            | 0.25             | 0.50             | 1.00            |
| 15         | Coty.          | S         | 3.92 $\pm$ 0.47  | 1.98 $\pm$ 0.06  | 0.74 $\pm$ 0.16  | 0.00 $\pm$ 0.00 |
|            |                | M         | 4.52 $\pm$ 0.95  | 2.70 $\pm$ 0.53  | 1.10 $\pm$ 0.24  | 0.00 $\pm$ 0.00 |
|            |                | L         | 5.50 $\pm$ 1.30  | 3.29 $\pm$ 0.52  | 2.50 $\pm$ 0.24  | 0.00 $\pm$ 0.00 |
|            | Hy. & Ra.      | S         | 17.52 $\pm$ 1.77 | 9.61 $\pm$ 0.75  | 3.24 $\pm$ 0.25  | 0.00 $\pm$ 0.00 |
|            |                | M         | 23.36 $\pm$ 2.26 | 11.10 $\pm$ 1.06 | 3.90 $\pm$ 0.41  | 0.00 $\pm$ 0.00 |
|            |                | L         | 24.90 $\pm$ 2.56 | 14.78 $\pm$ 1.42 | 5.50 $\pm$ 0.52  | 0.00 $\pm$ 0.00 |
| 20         | Coty.          | S         | 9.19 $\pm$ 0.73  | 5.03 $\pm$ 0.59  | 2.00 $\pm$ 0.27  | 0.65 $\pm$ 0.08 |
|            |                | M         | 12.04 $\pm$ 1.04 | 5.20 $\pm$ 0.61  | 2.21 $\pm$ 0.25  | 0.95 $\pm$ 0.13 |
|            |                | L         | 13.13 $\pm$ 1.23 | 6.13 $\pm$ 0.69  | 3.02 $\pm$ 0.43  | 1.38 $\pm$ 0.17 |
|            | Hy. & Ra.      | S         | 27.98 $\pm$ 2.55 | 15.80 $\pm$ 1.44 | 5.02 $\pm$ 0.55  | 1.72 $\pm$ 0.13 |
|            |                | M         | 34.24 $\pm$ 3.04 | 18.80 $\pm$ 1.81 | 9.14 $\pm$ 0.82  | 2.50 $\pm$ 0.23 |
|            |                | L         | 40.58 $\pm$ 3.65 | 20.92 $\pm$ 1.91 | 11.08 $\pm$ 1.02 | 3.35 $\pm$ 0.27 |
| 25         | Coty.          | S         | 13.09 $\pm$ 1.22 | 5.50 $\pm$ 0.37  | 2.26 $\pm$ 0.23  | 0.83 $\pm$ 0.09 |
|            |                | M         | 13.87 $\pm$ 0.91 | 8.58 $\pm$ 0.63  | 2.83 $\pm$ 0.25  | 1.30 $\pm$ 0.13 |
|            |                | L         | 16.70 $\pm$ 1.52 | 10.15 $\pm$ 0.73 | 3.50 $\pm$ 0.33  | 1.50 $\pm$ 0.11 |
|            | Hy. & Ra.      | S         | 48.56 $\pm$ 2.49 | 27.19 $\pm$ 1.01 | 10.68 $\pm$ 0.56 | 3.60 $\pm$ 0.19 |
|            |                | M         | 53.34 $\pm$ 1.23 | 29.34 $\pm$ 1.23 | 14.94 $\pm$ 0.86 | 6.34 $\pm$ 0.33 |
|            |                | L         | 57.50 $\pm$ 4.14 | 33.35 $\pm$ 1.35 | 16.67 $\pm$ 1.04 | 7.16 $\pm$ 0.36 |

Coty-cotyledon; Hy-hypocotyl; Ra-radicle.

인한 成長의 감소는 0.1% 수준에서 有意性이 있었다(Table 3)

한편 同一한 溫度와 鹽分濃度下에서는 大形種子가 伸張成長과 乾重量 모두에서 더 높게 나타났는데, 이러한 現象은 大形種子가 보다 強力한 幼苗를 形成한다는 Anderson (1971)의 報告와 一致한다. 또한 이러한 差異는 伸張成長과 乾重量 모두 5% 수준에서 有意性이 있었으며, 種子發芽時에 나타난 種子の 耐鹽度の 差異가 幼苗의 成長에도 反映된 것으로 보인다.

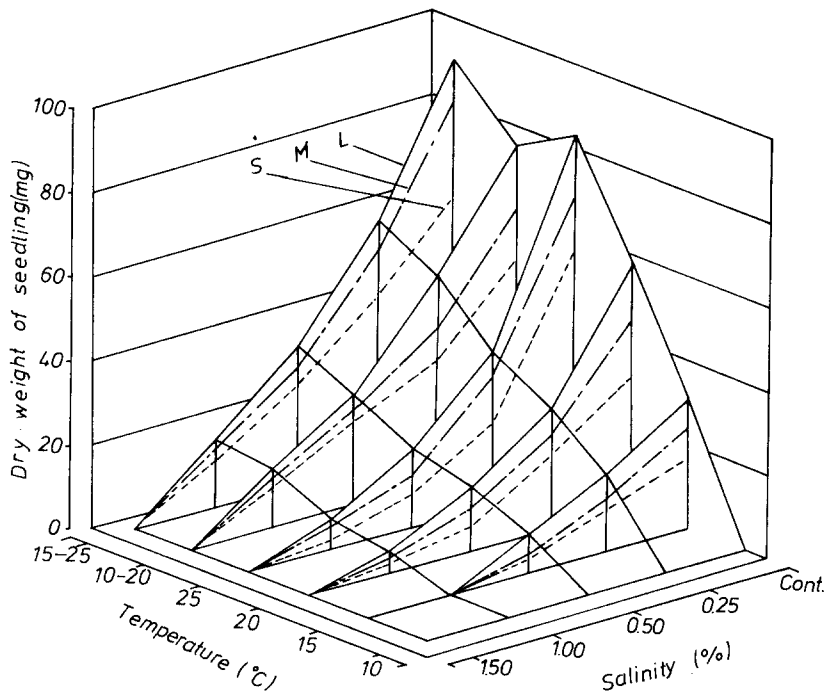
Strorey와 Jones(1978)는 보리의 경우 鹽分으로 인한 被害가 地上部보다 地下部에서 더 크게 나타났다고 했는데, 胚軸 및 幼根이 子葉에 비해 더 심한 抑制를 받은 것으로 나타난 本實驗과 유사한 結果로 생각된다.

恒溫 20°C와 25°C에 비해 變溫 10°-20°C 및 15°-25°C에서는 같은 鹽分濃度下에서의 幼苗成長이 더 빨랐는데 이것은 變溫의 發芽促進效果가 鹽分の 發芽抑制效果를 一部 상쇄했기 때문으로 보인다.

**Table 5.** Mean cotyledon, hypocotyl & radicle length of *Pinus densiflora* for. *erecta* seedlings after 3 weeks of sowing under various salinity treatments at alternating temperatures. Mean  $\pm$  S.D.

(unit: mm)

| Temp. (°C) | Parts of plant | Seed size | Salinity (%)     |                  |                  |                 |
|------------|----------------|-----------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
|            |                |           | Cont.            | 0.25             | 0.50             | 1.00            |
| 10-20      | Coty.          | S         | 15.20 $\pm$ 1.09 | 9.33 $\pm$ 0.57  | 2.30 $\pm$ 0.47  | 1.16 $\pm$ 0.22 |
|            |                | M         | 16.36 $\pm$ 1.33 | 10.50 $\pm$ 0.57 | 3.20 $\pm$ 0.75  | 1.61 $\pm$ 0.42 |
|            |                | L         | 17.80 $\pm$ 1.24 | 11.20 $\pm$ 0.68 | 3.50 $\pm$ 0.57  | 1.79 $\pm$ 0.47 |
|            | Hy. & Ra.      | S         | 39.30 $\pm$ 3.60 | 21.54 $\pm$ 1.03 | 7.10 $\pm$ 0.59  | 3.49 $\pm$ 0.30 |
|            |                | M         | 47.05 $\pm$ 4.23 | 24.33 $\pm$ 2.39 | 8.70 $\pm$ 0.79  | 4.48 $\pm$ 0.38 |
|            |                | L         | 51.11 $\pm$ 4.57 | 28.25 $\pm$ 2.50 | 10.10 $\pm$ 0.84 | 5.09 $\pm$ 0.46 |
| 15-25      | Coty.          | S         | 17.00 $\pm$ 1.15 | 10.66 $\pm$ 0.58 | 2.40 $\pm$ 0.54  | 1.23 $\pm$ 0.26 |
|            |                | M         | 21.37 $\pm$ 0.74 | 11.23 $\pm$ 0.52 | 3.66 $\pm$ 0.57  | 1.88 $\pm$ 0.28 |
|            |                | L         | 20.66 $\pm$ 0.51 | 12.66 $\pm$ 0.57 | 3.70 $\pm$ 0.46  | 1.92 $\pm$ 0.21 |
|            | Hy. & Ra.      | S         | 44.99 $\pm$ 3.04 | 24.75 $\pm$ 2.43 | 9.41 $\pm$ 0.64  | 4.73 $\pm$ 0.45 |
|            |                | M         | 51.85 $\pm$ 3.61 | 29.33 $\pm$ 1.33 | 10.72 $\pm$ 0.43 | 5.20 $\pm$ 0.23 |
|            |                | L         | 58.17 $\pm$ 4.02 | 33.66 $\pm$ 2.41 | 12.35 $\pm$ 0.81 | 5.79 $\pm$ 0.46 |



**Fig. 9.** Effect of salinity and temperature on seedling growth (dry weight) of *Pinus densiflora* for. *erecta*.

**Table 6.** Mean dry weight of *Pinus densiflora* for. *erecta* seedlings after 3 weeks of sowing under various salinity treatments at constant temperatures. Mean ± S.D.

(unit: mg)

| Temp. (°C) | Parts of plant | Seed size | Salinity (%) |             |             |             |
|------------|----------------|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|            |                |           | Cont.        | 0.25        | 0.50        | 1.00        |
| 15         | Coty.          | S         | 0.58 ± 0.03  | 0.34 ± 0.04 | 0.15 ± 0.02 | 0.00 ± 0.00 |
|            |                | M         | 0.78 ± 0.04  | 0.46 ± 0.04 | 0.19 ± 0.03 | 0.00 ± 0.00 |
|            |                | L         | 1.04 ± 0.05  | 0.63 ± 0.06 | 0.48 ± 0.06 | 0.00 ± 0.00 |
|            | Hy. & Ra.      | S         | 1.09 ± 0.04  | 0.62 ± 0.03 | 0.23 ± 0.02 | 0.00 ± 0.00 |
|            |                | M         | 1.64 ± 0.07  | 0.81 ± 0.04 | 0.27 ± 0.03 | 0.00 ± 0.00 |
|            |                | L         | 2.07 ± 0.09  | 1.25 ± 0.06 | 0.46 ± 0.05 | 0.00 ± 0.00 |
| 20         | Coty.          | S         | 1.39 ± 0.06  | 0.75 ± 0.03 | 0.32 ± 0.04 | 0.12 ± 0.02 |
|            |                | M         | 2.13 ± 0.10  | 0.90 ± 0.04 | 0.40 ± 0.03 | 0.16 ± 0.02 |
|            |                | L         | 2.42 ± 0.12  | 1.12 ± 0.05 | 0.57 ± 0.03 | 0.25 ± 0.02 |
|            | Hy. & Ra.      | S         | 1.76 ± 0.07  | 0.98 ± 0.03 | 0.33 ± 0.02 | 0.14 ± 0.02 |
|            |                | M         | 2.36 ± 0.11  | 1.32 ± 0.06 | 0.63 ± 0.03 | 0.17 ± 0.02 |
|            |                | L         | 3.41 ± 0.16  | 1.74 ± 0.08 | 0.94 ± 0.04 | 0.28 ± 0.03 |
| 25         | Coty.          | S         | 2.23 ± 0.10  | 0.93 ± 0.04 | 0.30 ± 0.03 | 0.14 ± 0.03 |
|            |                | M         | 2.41 ± 0.12  | 1.53 ± 0.07 | 0.48 ± 0.04 | 0.24 ± 0.02 |
|            |                | L         | 3.18 ± 0.15  | 1.94 ± 0.03 | 0.64 ± 0.05 | 0.29 ± 0.03 |
|            | Hy. & Ra.      | S         | 3.31 ± 0.15  | 1.06 ± 0.05 | 0.36 ± 0.04 | 0.12 ± 0.04 |
|            |                | M         | 4.48 ± 0.21  | 1.57 ± 0.09 | 1.76 ± 0.03 | 0.28 ± 0.05 |
|            |                | L         | 5.11 ± 0.24  | 1.73 ± 0.12 | 1.24 ± 0.06 | 0.36 ± 0.04 |

한편 恒溫에서는 25°C, 變溫時에서는 15°-25°C의 幼苗成長이 다른 溫度에 비해 더 빨랐는데, 이것은 發芽에 適合한 溫度인 25°C와 15°-25°C에서 鹽分濃度の 增加에 對한 感受성이 낮아지기 때문에 나타나는 結果로 생각되며, 最適發芽溫度에서 種子의 耐鹽性이 가장 높다고 한 Ungar와 Hogan(1970)의 報告와 一致하는 傾向으로 보여진다.

金과 吉(1983)은 곰솔의 分布密度는 土壤의 鹽分濃도와 正相關關係가 있고 소나무에서는 그와는 반대 現象이 나타났다고 했으며, 崔(1986)도 강원도 고성군, 양양군 및 속초시 일부지역을 調査한 結果 곰솔과 소나무의 分布가 土壤의 鹽分濃度 0.01%를 경계로 갈라진다고 보고한바 있다.

그러나 금강소나무는 土壤의 鹽分濃度 0.01% 미만인 소광리뿐 아니라 鹽分濃度 0.010~0.020%인 강원도 낙산지역에도 分布하였으며(Table 1, Fig. 1), 0.25%의 鹽度下에서도 發芽와 幼苗의 成長이 可能한 것으로 나타났다.

Uyeki(1928)는 금강소나무가 곰솔과 소나무의 잡종으로 두 소나무의 形질을 함께 지니고 있다고 했는데, 이는 本 實驗의 結果와 一致하는 傾向으로 생각되며, 이로 보아 금

**Table 7.** Mean dry weight of *Pinus densiflora* for. *erecta* seedlings after 3 weeks of sowing under various salinity treatments at alternating temperatures. Mean  $\pm$  S.D.

(unit, mg)

| Temp. (°C) | Parts of plant | Seed size | Salinity (%)    |                 |                 |                 |
|------------|----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|            |                |           | Cont.           | 0.25            | 0.50            | 1.00            |
| 10-20      | Coty.          | S         | 2.29 $\pm$ 0.10 | 1.12 $\pm$ 0.05 | 0.64 $\pm$ 0.04 | 0.31 $\pm$ 0.03 |
|            |                | M         | 2.85 $\pm$ 0.14 | 1.36 $\pm$ 0.05 | 0.78 $\pm$ 0.05 | 0.37 $\pm$ 0.02 |
|            |                | L         | 3.25 $\pm$ 0.17 | 1.67 $\pm$ 0.07 | 0.90 $\pm$ 0.05 | 0.48 $\pm$ 0.03 |
|            | Hy. & Ra.      | S         | 2.54 $\pm$ 0.12 | 1.80 $\pm$ 0.08 | 1.34 $\pm$ 0.06 | 0.61 $\pm$ 0.03 |
|            |                | M         | 3.24 $\pm$ 0.15 | 2.34 $\pm$ 0.10 | 1.50 $\pm$ 0.08 | 0.73 $\pm$ 0.04 |
|            |                | L         | 4.24 $\pm$ 0.20 | 3.35 $\pm$ 0.14 | 1.73 $\pm$ 0.08 | 0.87 $\pm$ 0.05 |
| 15-25      | Coty.          | S         | 2.70 $\pm$ 0.12 | 1.63 $\pm$ 0.05 | 0.94 $\pm$ 0.03 | 0.44 $\pm$ 0.03 |
|            |                | M         | 3.72 $\pm$ 0.18 | 1.78 $\pm$ 0.07 | 1.04 $\pm$ 0.06 | 0.63 $\pm$ 0.04 |
|            |                | L         | 3.94 $\pm$ 0.19 | 2.01 $\pm$ 0.09 | 1.32 $\pm$ 0.08 | 0.67 $\pm$ 0.03 |
|            | Hy. & Ra.      | S         | 3.09 $\pm$ 0.14 | 2.34 $\pm$ 0.11 | 1.39 $\pm$ 0.06 | 0.69 $\pm$ 0.03 |
|            |                | M         | 4.34 $\pm$ 0.20 | 3.16 $\pm$ 0.14 | 1.66 $\pm$ 0.08 | 0.83 $\pm$ 0.04 |
|            |                | L         | 5.14 $\pm$ 0.24 | 3.63 $\pm$ 0.16 | 1.96 $\pm$ 0.09 | 0.92 $\pm$ 0.04 |

강소나무는 곰솔이나 소나무와는 달리 土壤의 鹽度에 의해 分布가 制限되지 않는 것으로 사 된다.

### 摘 要

금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)의 種子發芽와 幼苗成長에 미치는 鹽度の 影響을 種子의 무계別(大形, 15.49  $\pm$  1.63 mg; 中形, 10.61  $\pm$  1.38 mg; 小形, 6.57  $\pm$  1.33 mg)로 調査하였다.

鹽分濃度는 각각 0.25%, 0.50%, 1.00% 및 1.50%로 調節하였으며, growth chamber 內的 溫度區는 5°C 간격으로 조절된 10°C에서 25°C까지의 4개의 恒溫區와 12時間 간격으로 각각 10°C에서 20°C, 15°C에서 25°C로 變溫되는 變溫區로 나누었다.

鹽度の 影響을 調査한 結果, 대조구에서는 種子의 크기에 따른 發芽率의 差異가 거의 없었으나, 鹽分下에서는 상대적으로 큰 種子일수록 發芽率이 높았다. 鹽度和 溫度는 상호 상승작용(synergistic interaction)을 갖고 있어, 同一한 鹽度에서, 溫度가 올라감에 따라 發芽率도 증가하였다. 15°C-25°C 變溫區에서 發芽率이 가장 높았으며 10°C에서는 發芽되지 않았다. 恒溫時에 비해 變溫時의 發芽率이 높았다.

鹽分濃度가 1.00%로 증가하면서 發芽率은 급격히 떨어졌고, 1.50%에서는 發芽하지 않았다.

同一한 鹽度和 溫度下에서 상대적으로 큰 種子에서 생산된 幼苗의 成長이 良好했다.



鹽分스트레스에 대해서는 子葉보다 胚軸과 幼根이 더 민감했다.

### 引 用 文 獻

- 明石孝輝. 1966. 크로마츠의 타네의 크기가 묘의 크기에 오스はず 影響. 日本林學會誌 48(4): 176-179.
- Amen, R.D. 1968. A model of seed dormancy. *Bot. Rev.* 34:1-31.
- Anderson, L.B. 1971. A study of some seedling characters and the effect of competition on seedlings in diploid and tetraploid red clover (*Trifolium pratense* L.) *N.Z.J. Agric. Res.* 14:563-571.
- 崔文吉. 1986. 樹種間的 耐鹽分 特性에 關한 研究 (I). 韓國林學會誌 73: 1-8.
- 全尙根. 1976. 잣나무 種子의 크기와 무게가 苗木의 初期生長에 미치는 影響. 韓國林學會誌 31: 48-52.
- Cohen, D. 1958. The mechanism of germination stimulation by alternating temperatures. *Bulletin of the Research Council of Israel Section D Botany*, D6:111-117.
- Da Lianis, C.D. 1980. Effect of temperature and seed size on speed of germination, seedling elongation and emergence of berseem and persian clovers (*Trifolium alexandrium* and *Trifolium resupinatum*). *Seed Sci. Technol.* 8:323-331.
- Evenari, M. 1956. Seed germination. *In*, *Radiation Biology*, Vol. 3. A. Hollaender (ed.) McGraw-Hill, New York. pp. 519-549.
- Hocking, P.J. 1982. Salt and mineral nutrient levels in fruits of two strand species *Cakile maritima* and *Arctotheca populifolia* with special reference to the effect of salt on germination of *Cakile*. *Ann. Bot.* 50:335-343.
- Ignaciuk, R. and J.A. Lee. 1980. The germination of four annual strand-line species. *New Phytol.* 84:581-591.
- Khan, M.A. and I.A. Ungar. 1984. The effect of salinity and temperature on the germination of polymorphic seeds and growth of *Atriplex triangularis* Willd. *Amer. J. Bot.* 71:481-489.
- 金正彦·吉奉燮. 1983. 韓半島의 公崙分布에 關한 研究. 韓生誌 6: 45-54.
- Kim, S.H. and S.Y. Kim. 1987. The effect of temperature and salinity on the germination of *Oenothera odorata* Jacq. seeds. Graduate School Dissertation. Kon Kuk Univ. 25:525-533.
- Koller, D. and A. Hadas. 1982. Water relations in the germination of seed. *In*, *Encyclopedia of Plant Physiology: Physiological Plant Ecology*, O.L. Lange, P.S. Noble, C.B. Osmond and H. Ziegler (eds.). Springer-Verlag, Berlin. pp. 402-431.
- Korea Meteorological Service. 1972-1986. Annual climatological report. Seoul, Korea.
- 李一球·金彰濤. 1981. 桂芳山 一帶의 植生에 對한 生態學的研究. 韓國自然保存協會 調查報告書 20: 101-108.
- 李一球·李浩俊·卞斗源. 1984. 雪嶽山 針葉樹林의 類型. 雪嶽山學術調查報告書 pp. 136-168.
- 李永魯. 1986. 韓國의 松柏類. 이화여자대학교출판부, 서울. pp. 129-131.
- Storey, R. and R.G. Jones. 1978. Ion reaction of two salt and water stressed barley cultivators, California mariout arimar. Salt stress and comparative physiology of the Gramineae. *Aust. J. Plant Physiol.* 28:331-354.
- Taylorson, R.B. and S.B. Hendricks. 1977. Dormancy in seeds. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28:331-354.
- Timson, J. 1965. New methods of recording germination data. *Nature* 207:216-217.
- Uchiyama, Y. 1981. Studies on germination of salt bushes: 1. The relationship between temperature and germination of *Atriplex nummularia* Lindel. *Jpn. J. Trop. Agric.* 25:62-67.
- Ungar, I.A. and W. Hogan. 1970. Seed germination in *Iva annua* L. *Ecology* 51:150-154.
- 울진군. 1987. 울진군 서면 자료.

- Uyeki, H. 1928. On the physiognomy of *Pinus densiflora* growing in Corea and sylvicultural treatment for its improvement. Bull. Agr. & Forestry. Coll. Suwon. Korea 3:26 - 39.
- Yim, Y.J. and T. Kira. 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. I. Distribution of some indices of thermal climate. Japanese J. of Ecology 25:32-43.
- 任良宰 · 白順達. 1985. 雪嶽山の植生. 中央大學校 出版部, 서울. 199 pp.

(1989年 10月 10日 接受)