

## セイタカアワダチソウに関する生態学的研究

### 第3報 発芽および実生の生存と光、温度、水分条件との関係

榎 本 敬

セイタカアワダチソウ (*Solidago altissima* L.) の旺盛な繁殖をささえているのはその生活史特性のなかの多量の種子生産と地下茎からの急速な生長にあることが、前報までの研究結果からわかっている (榎本・中川 1977, 榎本 1979). 本種の種子発芽に関しては、光発芽性があること、変温によって発芽率が高められることなどが知られている (鳥野・桑野・古屋 1973).

自然条件下では非常に多くの種子を生産し、風によって広範囲に種子を散布するセイタカアワダチソウもその実生が生育している場所はかぎられている。本研究では発芽および実生の定着、死亡を光と温度と水の要因との関係で明らかにしようとするものである。

実験は発芽に及ぼす光と変温の影響を恒温器を用いて調べたもの (実験1, 2, 3) とガラス室あるいは屋外で行なった発芽および実生の生存に関する実験 (実験4, 5) よりなる。

#### 材料及び方法

実験に用いたセイタカアワダチソウの種子はすべて当研究所の実験圃場に継続して栽培している同一群落から冬季に採種し、5℃の低温室に保存しておいたものを用いた。発芽率はいずれの年の種子もほぼ100%で、年次間の差はなかった。採種後数カ月以内に実験を行なっているため、時期による発芽率の低下も見られなかった。

##### 1. 実験1 発芽に及ぼす変温と光の影響

直径9 cmのシャーレに厚さ5 mmのポリウレタンホームを敷き、純水をたっぷり含ませ、そのうえにNo. 2の口紙を敷いたものを発芽床として用いた。温度処理は25℃, 15℃, 5℃に設定した恒温器を用いて、3つの恒温区と3つの変温区を設けた。変温区は25℃/15℃, 25℃/5℃, 15℃/5℃の3区とし、24時間ごとに恒温器を移し替えた。なお実験開始日の温度は高温側からスタートさせた。さらに6つの温度処理区のそれぞれに暗区を設けた。明区は15ワットの白色蛍光灯を用い、シャーレ表面での照度はほぼ500luxであった。暗区はそれぞれのシャーレをアルミホイルで包んだものをまとめ、大きなアルミホイルの袋に入れた。調査は播種後3日目と6日目に行なった。各処理区は50粒播種、3反復とし

た。

## 2. 実験2 種子の発芽の促進に低温や光の照射の有効な時期

実験1と同じ発芽床を用い、25℃、500luxの条件下で実験を行なった。

実験2aは実験期間中の特定の時期に5℃、24時間の低温処理を1度だけ行ない、毎日発芽率の調査を行なった。

実験2bは実験期間中の特定の時期に500luxの白色蛍光灯を24時間照射し、毎日発芽率の調査を行なった。

## 3. 実験3 種子の発芽に及ぼす光の強さの影響

実験1と同じ発芽床を用い、25℃、500luxの条件下で実験を行なった。発芽数の測定は毎日緑色のセロファンシートをかぶせた蛍光灯のもとで行なった。遮光は寒冷紗を2枚、4枚、8枚重ねることと、アルミホイールで覆うことにより調節した。それぞれの区の相対照度は100%、17.6%、3.1%、0.55%、0%であった。

## 4. 実験4 種子の発芽に及ぼす土壤水分の影響と灌水を停止してからの実生の生存および死亡

幅5.5cm、奥行き15cm、深さ8cmのプラスチック製シードリングケースを用い、1ケースあたり80粒の種子を播種した。

### 実験4a 種子の発芽に及ぼす連続灌水日数の影響と灌水を停止してからの実生の生存および死亡

シードリングケースに川砂をつめ、1処理あたり4反復の実験を行なった。処理は播種当日のみに灌水を行なった区から、播種後何日間かは毎日灌水し、その後サンプリング時までは灌水を行なわない11段階を設けた。播種後11日目に実生の生存数と発芽したのち死亡した個体数を数え、生存個体の根の長さを測定した。またサンプリング時の土壤の含水率も測定した。

### 実験4b 発芽および実生の生存数に及ぼす土壤水分の影響

所定の含水率になるように調整した水田土壌をシードリングケースにつめ、実験期間中は灌水を行なわなかった。1処理あたりの反復数は5個である。

## 5. 実験5 発芽及び実生の生存に及ぼす光の強さの影響

1万分の1アールポットを用い、ポットあたり20粒播種し、4反復の実験を行なった。遮光は黒色寒冷紗を重ね合わせることにより行なった。各遮光区の相対照度は100%、42%、17.6%、7.5%、3.1%、1.3%、0.55%であった。実験期間は1975年4月2日から5月12日までであり、期間中の日平均日射量は15.7MJ/m<sup>2</sup>であった(岡山大学農業生物研究所、微細気象学部門の測定による)。

## 結果及び考察

### 1. 実験1 発芽に及ぼす変温と光の影響

第1図に各処理区の平均発芽率を示した。明区と暗区を比較するといずれの温度処理区でも明区の方が暗区よりも明らかに発芽率が高くなっている。恒温条件下では25℃が最も発芽率が高く、5℃では発芽しなかった。25℃/15℃と25℃/5℃の変温処理では温度格差が大きいほど発芽率が高くなっている。15℃と5℃の変温処理は15℃の恒温区に比べて、発芽率の上昇は見られず、低くなっている。

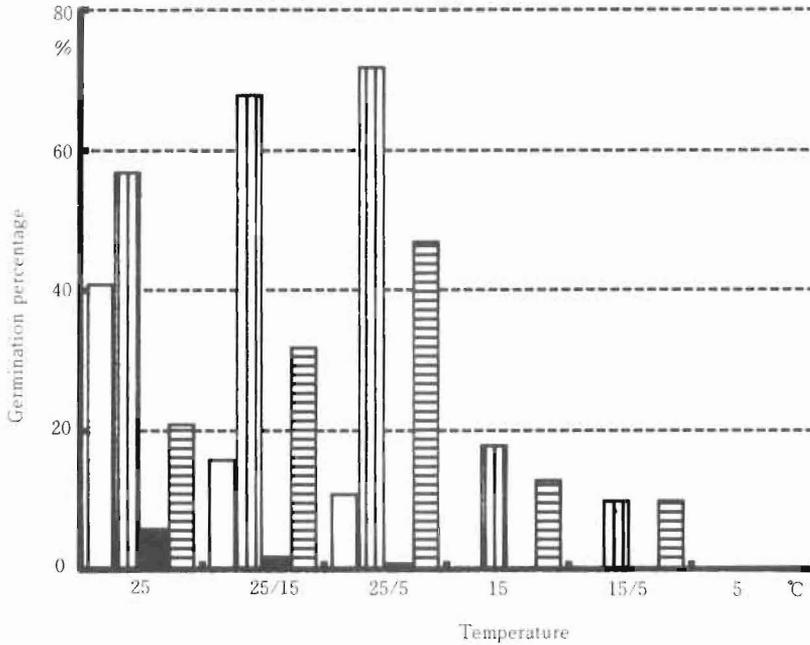


Fig. 1. Germination percentages at 25, 25/15, 25/5, 15, 15/5, 5°C.

- : after 3days incubation in light.
- ▨ : after 6days incubation in light.
- : after 3days incubation in dark.
- ▩ : after 6days incubation in dark.

この結果からセイトカアワダチソウの発芽は光が照射されている方が著しく高まり、変温も発芽率を高めている。15℃/5℃の変温処理で発芽率が低くなっているのは発芽の速度を規制している温度の不足によるものと考えられ、前の結果とは矛盾するものではないであろう。

### 2. 実験2 種子の発芽の促進に低温や光の照射が有効な時期

#### 実験2 a

第2図-(a)に示したように播種後7日目の結果では低温処理を行なわなかった区と播種当日に低温処理を行なった区は1日目以降に低温処理(5℃, 24時間)を受けた区より明らかに発芽率が低くなっている。このことから25℃湿潤条件下に置かれたセイトカアワダ

チソウの種子は、吸水後1日目から3日目の間に低温に出会うと休眠が急速に打破され、発芽率が高まることがわかる。発芽実験期間をさらに延長した18日目の発芽率は大きな差はないが、これはこの期間中にだんだん休眠が覚醒した結果と思われる。

### 実験 2 b

第2図-(b)に示したように0日目に光を照射した区の播種後7日目の発芽率は他の区に比べて、発芽率が低い傾向がみられる。しかしながら18日後の結果でははっきりした差がなく、明瞭な結果とは言えないが、吸水後1日目以降の光照射が発芽を促進していると思えた。

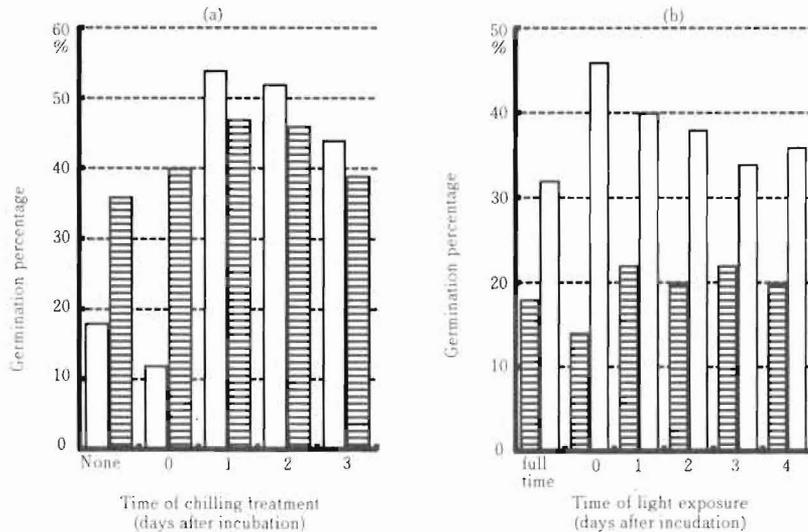


Fig. 2. a: Effective timing of chilling treatment (5°C, 24hr) in breaking seed dormancy.

□ : Germination percentage after 7days.

▨ : Germination percentage after 18days.

b: Effective timing of light exposure in promoting the seed germination.

□ : Germination percentage after 7days.

▨ : Germination percentage after 18days.

### 3. 実験 3 種子の発芽に及ぼす光の強さの影響

第3図にそれぞれの遮光区での11日目の発芽率を示した。0%区と光照明区の間には統計的に有意な差が存在したが、遮光区間には有意な差が認められず、実験を行なった範囲内であれば、セイタカアワダチソウはかなり弱い光のもとでも発芽出来ることがわかった。0.55%区の絶対照度は約3ルクス程度である。

### 4. 実験 4

#### 実験 4 a 種子の発芽に及ぼす連続灌水日数の影響と灌水を停止してからの実生の生存および死亡

第4図に連続灌水日数の異なる処理区の発芽数、活着数(サンプリング時に生存してい

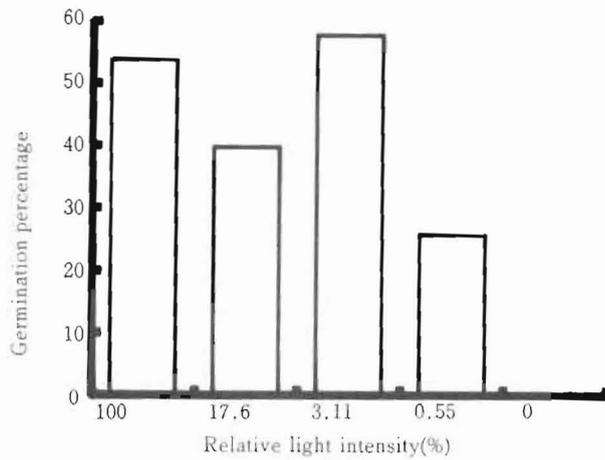


Fig. 3. Germination response of seed to different light intensities at 11 days after seeding.

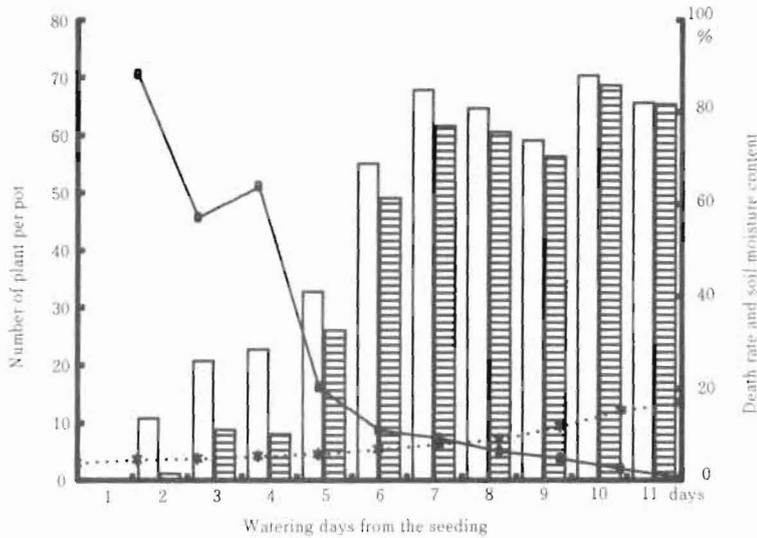


Fig. 4. Effects of the duration of watering on germination, establishment, and mortality of *Solidago altissima* seedlings at 11 days after seeding.

- : germination number per pot.
- ▨ : number of established seedlings per pot.
- : death rate of seedlings.
- \* : soil moisture content.

た個体数), 死亡率 (発芽した個体のうちサンプリング時には死亡していた個体の割合) とサンプリング時における土壌の含水率のそれぞれの処理区の平均値を示した。

発芽数は一日だけ灌水した区では0であったが, 灌水日数が多くなるにしたがって発芽数が増加した。しかしながら6日間連続した区とそれ以上の区には有意な差が認められず, 発芽だけに関して言えば6日間湿っておればほとんどの個体が発芽すると言える。

活着数は発芽数とよく似た傾向を示しているが、4日以内の灌水日数の区と5日以上区（灌水を止めてから7日以上経った区と6日以内の区）にははっきりと有意差が認められた。また7日以上灌水区には有意差が認められなかった。発芽数と活着数の差である死亡数は灌水日数が多くなるにつれて増加し、4日の区で最大となり、以降灌水日数が増加するにしたがって減少している。この死亡数を発芽数に対する比率で見たものが図中の死亡率である。死亡率は灌水日数が増加するにつれて減少している。死亡率（Y）とサンプリング時の土壌含水率（X）の間には  $\log(Y) = -3.28\log(X) + 9.13$  という関係が見られ、それらの間の相関係数は  $-0.96$  という値が得られた（危険率0.1%で有意）。一日だけの灌水区では発芽が見られなかったため、死亡も起こっていない。したがってこのような実験条件の下では、2から4日間雨が降り、以後雨のない状態と言うのが最も生存にはきびしい条件であると言える。

それぞれの処理区での根の長さの最大値、最小値、平均値と灌水日数の長さの関係を第5図に示した。根の長さの最大値（Y1）は灌水日数（X）が長いものほど長くなっている。この関係は  $1/Y1 = 0.0204 + 0.0381/X$  という関係で表され、相関係数は0.93、0.1%の危険率で有意であった。根の長さの最小値（Ys）は灌水日数が長いものほど短くなるという、まったく逆の傾向を示しており、この関係は  $1/Ys = -0.0153 + 0.0283X$  で表わされ、相関係数は0.82、1%の危険率で有意であった。平均値（Ym）は最小値ほど大きな変化はないが、灌水日数が長くなるにつれて短くなっており、最小値と同じ形式の  $1/Ym = 0.0413 + 0.00147X$  で表わされ、相関係数は0.80、1%の危険率で有意であった。灌水日数が短い区ほど土壌の乾燥が進んでいるわけであるから、根を長くのばして吸水する必要があり、乾燥している区で、根の短い個体は死に追いやられる結果になり、最短の根や平均値が乾燥側ほど長くなっているのは適応的にも納得できることである。最長のものが湿った側ほど長いのは、この実験条件では排水が良いため、過湿になることはなく、湿った所を好むセイタカアワダチソウにとっては条件が良く、よく生育出来た結果、根も長く伸ばせたと考えられる。

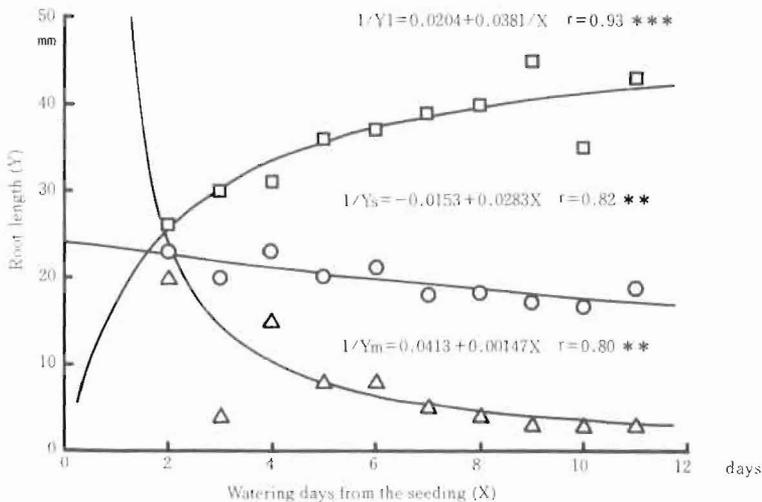


Fig. 5. Relationships between watering days and root length.

- : Longest root length (Y1).      \*\*\* significant at 0.1% level.  
 ○ : Average root length (Ym).      \*\* significant at 1% level.  
 △ : Shortest root length (Ys).

#### 実験4b 発芽および実生の生存数に及ぼす土壌水分の影響

すべての区で播種後3日目から発芽が始まり、10日目で生存数は最大になり、それ以降は水分不足による死亡が起こった。第6図に26日目における生残数とそれまでの死亡数を示した。生残数と死亡数を加算した発芽数は、土壌含水率が高くなるほど、大きくなっている。生残数は土壌含水率が高いほど多くなっているが、死亡数はそれほど明瞭な傾向はない。しかしながら死亡率（死亡数を発芽数で割ったもの）は土壌の含水率が高い区ほど低くなっている。

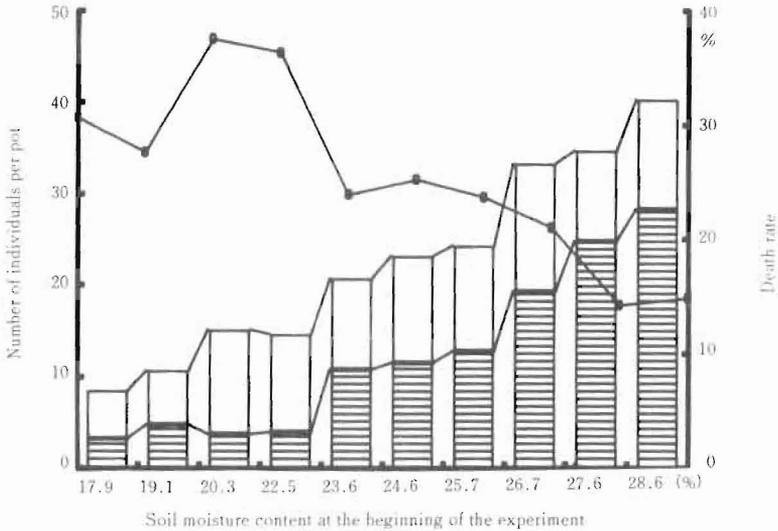


Fig. 6. Germination number, dead number, alive number at different soil moisture contents at 26days after seeding.

- : Number of seedlings dead.
- ▨ : Number of seedlings alive.
- : Death rate.

#### 5. 実験5 発芽及び実生の生存に及ぼす光の強さの影響

いずれの遮光区も播種16日後に生存数が最大に達し、それ以降は、そのままあるいは減少の傾向を示した。特に相対照度が0.55%の区では16日目以降に急激に個体数が減少した。第7図にそれぞれの照度区における最大発芽数と40日後の生存数を示した。最大発芽数は100%区で低くなっているが、その他の区の間には有意な差はない。40日後の100%区の生存数は0.55%区を除くすべての区と有意に小さく、0.56%区は100%区を除くすべての区より有意に小さかった。100%区と0.55%区で生存数に差が見られなかったのは、100%区では発芽数が少なく、0.55%区では発芽数が多かったが死亡するものも多かった結果40日目には大きな差がみられていないだけであって、本質的には内容の異なるものである。このことは40日後の生存数を最大発芽数で割った残存率は0.55%区のみが非常に小さくなっていることから言える。

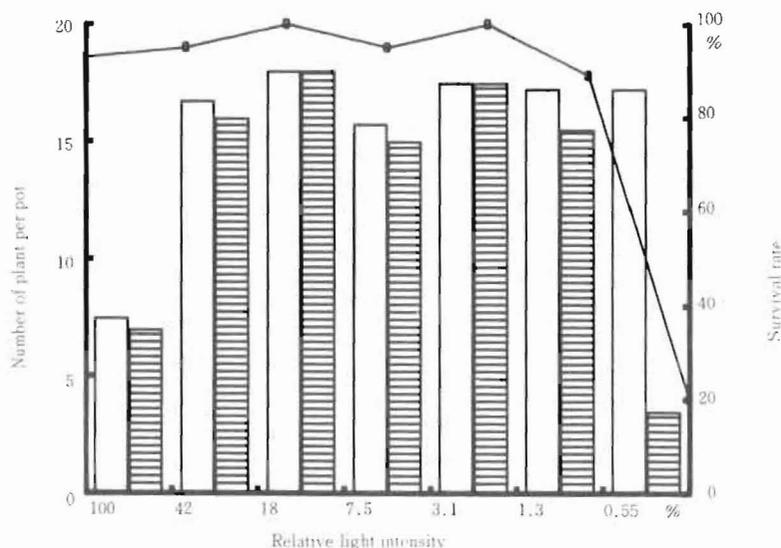


Fig. 7. Effects of light intensity on the germination and survival of *Solidago altissima* at 40 days after seeding.

□ : Maximum germination number.  
 ▨ : Number of alive plants.  
 -○- : Survival rate.

### 摘 要

セイタカアワダチソウの発芽に及ぼす温度と光の影響、実生の定着や死亡に及ぼす土壤水分と照度の影響を実験的に調べ、次のようなことが明らかになった。

- 1) 種子の発芽は光（自然光、あるいは白色蛍光灯）によって促進される。しかしながら、照度の大きさにはほとんど関係がなく、3ルクス程度の明るさがあれば十分である。光が影響を与えるのは吸水後1日以降である。
- 2) 発芽の最適気温は25℃付近であり、5℃では発芽がみられない。変温は種子の発芽を促進し、5℃、24時間の低温処理は休眠の覚醒に有効である。低温処理が有効な時期は吸水後1から3日目である。
- 3) 土壌を用いた発芽実験では、一日だけの灌水は発芽を起こさせず、種子を死亡させることもなかった。2日以上土壌が湿っておれば発芽が起こり、6日間湿っておればほとんどの個体が発芽する。発芽可能な温度条件下で、2から4日間土壌が湿っており、それ以降7日近く降水がない条件に出会うと、大部分の種子は発芽した後、死亡するというもっともきびしい条件となる。
- 4) 個体群中の最短根長 ( $Y_s$ ) は灌水日数 ( $X$ ) が長いものほど短く、 $1/Y_s = a + \beta X$  の関係で表され、平均根長も同じ形式であった。最長根長 ( $Y_1$ ) は灌水日数が長いほど長くなり、この関係は  $1/Y_1 = \gamma + \delta/X$  で表された。

## 文 献

- 榎本敬・中川恭二郎. 1977. セイタカアワダチソウに関する生態学的研究 第1報 種子および地下茎からの生長・雑草研究. 22:26-32.
- 榎本敬. 1979. セイタカアワダチソウに関する生態学的研究. 第2報 生長および繁殖に及ぼす密度効果. 農学研究, 58(2):79-91.
- 島野至・桑野精二・古屋忠彦. 1973. セイタカアワダチソウの繁殖と防除問題について. 九州の雑草, 3:9-13.

### Ecological studies on *Solidago altissima* L.

#### (3) Effects of light, temperature and watering conditions on the germination and establishment of the seedlings.

Takashi ENOMOTO

#### Summary

Effects of light, temperature and watering conditions on the germination and establishment of tall-goldenrod seedlings were investigated.

Germination was promoted by natural daylight or fluorescent light. Alternating temperature increased the germination percentage. Chilling treatment at 5°C was effective to break seed dormancy, and the best timing was between 1 to 3 days after incubation at 25°C. Serious seedling mortality occurred at the weak light condition of 0.086MJ/m<sup>2</sup>. Watering at the beginning of the experiment did not allow germination nor did any loss of the population occur. Watering for 2 to 6 days promoted the germination. The number of established plants increased and the death rate decreased with increasing number of days of watering. The most serious condition for survival of the population was the lack of water supply for more than 7 days after 2 to 4 days precipitation.

The length of the longest root in a pot was positively and that of the shortest root was negatively correlated to the number of days of watering. The relationship was expressed as a reciprocal function.