

クロマツのタネの発芽と肥料

郷 正 士

Masaki Goo

Effect of Various Concentrations of Fertilizers on the Germination of *Pinus thunbergii* Seeds

苗畑にタネをまいたばあい、タネが発芽するには吸水することがまず必要である。このとき、土のなかにある水がなにかの物質を溶解していないという状態はほとんど考えられない。なぜなら、木のタネをまくまえにもとごえとして堆肥をすきこみ、また化学肥料を土とまぜあわせる。そのため土に含まれるいろいろの肥料はそのいくらかが土の中の水に溶けこむはずであり、この溶けた肥料が苗木の生育に役立っていることは疑う余地がない。このような肥料を含む水は純水とちがい、タネが吸水するばあいに浸透圧としてきまたげるはたらきをする。土が乾けば乾くほど土の中の液は濃くなるので浸透圧は大きくなるし、また土の留水力も大きくなり、タネは吸水することがますますむつかしくなると考えられる。

ところが木のタネの発芽と肥料との関係についてしらべたものはほとんどないので、いろいろの肥料がタネの発芽におよぼす影響についてしらべた。

この実験にあたって御指導を賜わった佐藤教授をはじめ御協力をいただいた東京大学農学部造林学教室の皆様および東京大学樹芸研究所の皆様にも厚くお礼を申しあげる。なお文献について御教示を賜わった京都大学農学部の細井助教授に心から感謝する。

実験 1. いろいろな溶液でのクロマツのタネの発芽経過

材料と方法 使ったクロマツのタネは、1961年の秋に東京大学千葉演習林で著者の実験につかうためにきめた試験木 3 号からあつめ、同演習林から送られたものである。このタネを 1962年の2月から同年7月にかけて実験に使った。タネは実験に使うとき以外は 5°C で貯蔵した。

肥料としては硫酸 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、硝酸ナトリウム NaNO_3 、磷酸アンモニア $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 、塩化カリ KCl 、硫酸カリ K_2SO_4 の 5 種類をもちいた。そしてこれらの 0.2, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6% の水溶液をつくり、この水溶液にタネをひたして発芽試験をおこなった。発芽床としては 9 cm のシャーレにガーゼを 1 枚おき、その上にろ紙を 1 枚しいた。その上にタネを 100 粒ならべ、水溶液はタネが適当にうるおうていどに加え、23°C の発芽試験器にいれ、毎日発芽数をしらべた。すべての種類とも 200 粒をもって 1 組とした。また発芽床に使ったろ紙は肥料の種類によって変色するので 2 日または 3 日おきにガーゼ、ろ紙およびシャーレをとりかえた。そして発芽床にお

いてから4週間で試験をうちきった。ただ NaNO_3 の濃い水溶液につけたばあいは発芽床を毎日かえても変色がひどくなり、また腐るタネが多かったため2週間で実験を中止した。

結果 いろいろの濃さの水溶液にひたしたタネの発芽経過は図-1 にしめす。この図によると KCl , NaNO_3 の 1.2% および 1.6% は発芽に悪い影響を与えた。とくに KCl の 1.6% 溶液では幼根が種皮から出ても向地性をしめさなかった。また NaNO_3 は 0.8% 溶液ですでに向地性をしめさないタネがかなり多く出たし、幼根の生長もわるかった。また $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の 1.6% 溶液では発芽して幼根が 2~3mm のびたあと幼根がくさった。

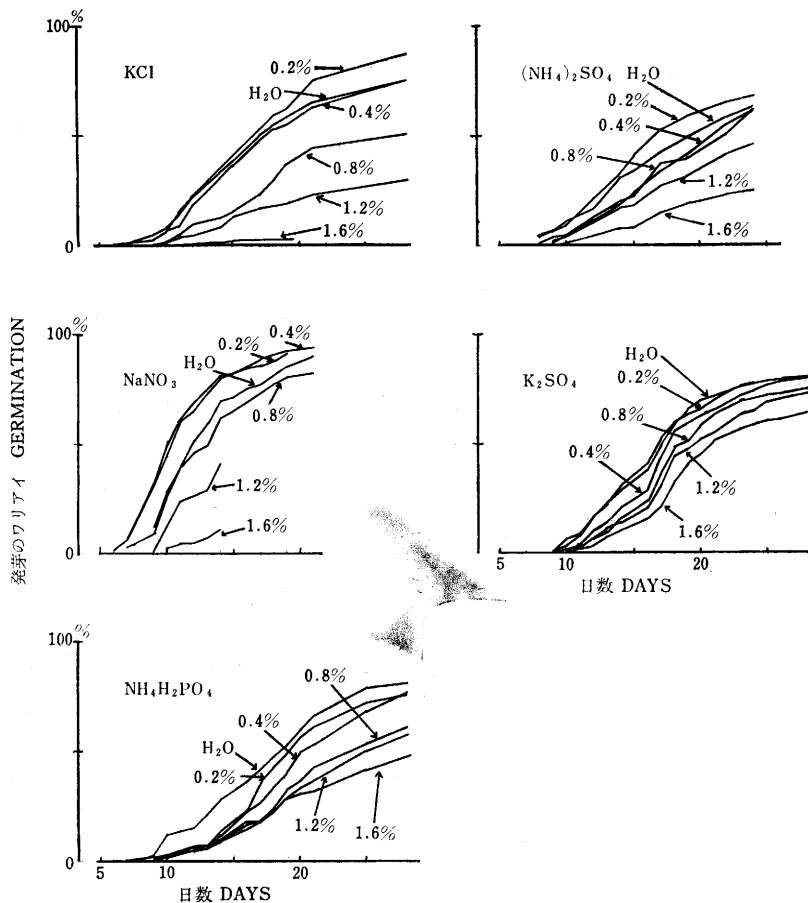


図-1. いろいろな溶液のなかでクロマツのタネの発芽経過

Fig. 1. Germination curves of *Pinus thunbergii* seeds given with the solutions of various fertilizer materials.

図-1 をみると $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ と K_2SO_4 以外の低い濃さの溶液では水よりも発芽がはやく、発芽のワライも良かった。しかしこの発芽促進や発芽のワライの良いという結果はさらに追試験をしなければはっきりしたことはいえない。

実験 2. いろいろな溶液のなかでのタネの吸収経過

実験 1 によってクロマツのタネの発芽はいろいろな濃さの溶液のなかで影響をうけることがあきらかになった。このような影響はタネの発芽への経過でどのようにあらわれるかを知るためとしてタネの吸収経過をみると便利である*。タネが吸水するばあいには 3 つの部分に分けられ、第 1 の部分は急に重さのます部分、第 2 の部分は重さがほとんどまさない部分、第 3 の部分は重さが急にます部分で、タネの発芽生理に関係する部分は第 2 の部分から第 3 の部分である。第 2 の部分が短かく、第 3 の部分が急に重さがますほどタネは速く発芽する。そのためいろいろの溶液につけられたタネの発芽をしらべるためには、これらの液の中でのタネの吸収経過を知ることが必要であり、そのためこの実験をおこなった。

材料と方法 実験 1 で使ったと同じタネを使い、水溶液の種類も濃さも同じである。発芽床は 9 cm のシャーレにスライドガラス 2 枚かさね、その上にガーゼおよびろ紙を 1 枚ずつおいた。この発芽床に重さをそろえたタネを 10 粒ならべ、23°C の発芽試験器にいった。24 時間ごとに

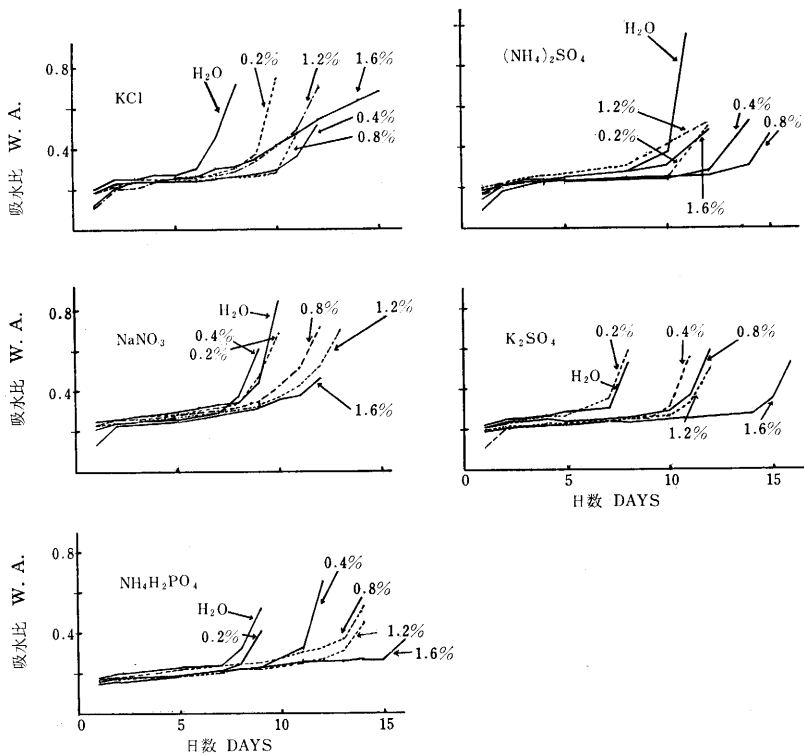


図-2. いろいろな溶液のなかでのタネの吸収経過

Fig. 2. Absorption of water by the seeds of *P. thunbergii* given with the solutions of various fertilizer materials.

* 郷 正士, 1951. 東大演報 39, 55.

1粒ずつろ紙で表面をしずかにふいてトーション秤で重さをはかった。はかったあとすぐ発芽床にかえしたが、これらのあいだにかかった時間はほぼ 30 秒以内であった。このようにしてもとめた毎日の重さをもとの重さで割って吸水のワリアイとしてしめた。

結果 吸水経過は図-2 にしめす。図によるといずれの水溶液のなかでも吸収経過は 3つの部分にわかれた。ただ KCl の 1.6% 溶液の第 3 の部分の吸収経過は正常な発芽ダネの経過ではない。このタネは実験期間のあいだに発芽しなかった。実験に使ったクロマツのタネは普通のばあい吸収比が 0.4 以下で発芽する。このタネは 0.68 になっても発芽しなかった。いままでの経験によるとこのような吸収経過をしめすタネは吸収して大きくふくれるが幼根がのびない。そしてだいに腐っていく。図-2 にしめた吸収経過は 1 組 10 粒のなかで発芽したタネでほぼ平均に近い吸収経過をしめたなかの 1 粒をとりだしたので、第 2 の部分の長さ (日数) や第 3 の部分の吸水比のワリアイなどすべて図のようになるわけではない。また NaNO_3 と $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ の 1.6% 溶液の吸収経過は発芽したタネがなかったので未発芽のタネの吸収経過をしめす。ただ、これらのタネの吸収比は普通ならば発芽したタネのアタイをしめしている。

実験 3. いろいろの濃さのサトウミズのなかでのタネの発芽

材料と方法 大阪営林局から送られたクロマツのタネをもちいた。発芽床は BUCHINGER* の方法によった。発芽試験の温度は約 23°C とし、どの濃さのばあいも 100 粒を単位として 2 回のくりかえしをした。毎日発芽したタネをとりだし、30 日で実験を打切った。サトウミズは 3 日目ごとにとりかえ、防腐剤は使わなかつた。サトウミズの濃さは 0.05 モルから 0.50 モルまで 0.05 モルのかんかくとした。

結果 発芽の経過は図-3 にしめす。この図によると発芽の経過はサトウミズの濃さとともに

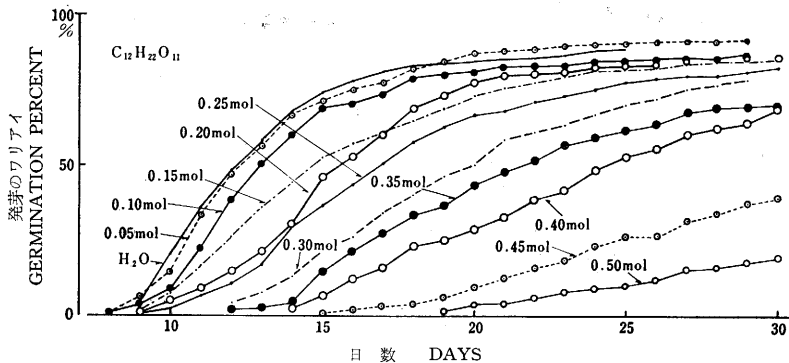


図-3. いろいろの濃さのサトウミズのなかでのタネの発芽経過
Fig. 3. Germination curves of *P. thunbergii* seeds in solutions of various concentrations of saccharose.

* BUCHINGER, A., 1927. Fortschr. Landw. 2, 192.

遅くなるということをあきらかにしめしている。ただサトウミズがうすいばあいは水のばあいとほとんどかわらない。しかし 0.45 モル以上になると急に発芽をおさえるチカラが強くなるようだ。また 0.30 モルから 0.40 モルのばあいも発芽しはじめるのもおそかったし、30 日ごのしめきりの発芽のワリアイもすこしわるい。このことはこの濃さですでにサトウミズがかなり発芽をおさえていることがわかる。

考 察

苗畑でタネが発芽するのに必要な水は、土の留水力と肥料その他土のなかにとけている物質による滲透圧の加わったチカラに打勝たねばえられない。すなわち

$$\text{タネの吸収力} > \text{土の留水力} + \text{滲透圧 (土の水溶液の濃さ)}$$

である。土が乾けば土の留水力は大きくなり、また土の溶液も濃くなるので滲透圧もまたますので、タネの発芽に必要な水を吸収することはますますむつかしくなる。

実験 1 によって、肥料の種類によってことなるが液が濃くなるほど発芽のワリアイは悪くなった。吸収経過 (図-2) をみても同じことがわかる。ただこれらの実験では土の留水力は加わっていない。実験 3 でサトウミズを使ったばあいはこれは非電解質であるのでこのばあいは水の留水力にちかいものと考えてよい。図-3 によるとサトウミズが濃くなるにしたがって発芽が悪くなる。しかし、サトウミズのばあいは濃さをモルであらわし、肥料の水溶液のばあいは % でしめたの¹⁾比較しにくい。そのため濃さを % にし、発芽試験を打切ったとき発芽のワリアイがもっとも良かったあたいを 100 として計算しなおした結果を図-4 にしめた。この図をみると肥料によって発芽にあたる影響に差があることがわかる。KCl や NaNO_3 は 1.2% ですでに K_2SO_4 の 1.2% の発芽のワリアイの半分以下になり、またサトウミズ以外は 0.8% より濃くなるとすべて発芽に悪い影響をおよぼしている。また 1.6% のとき $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ は約 35% の発芽

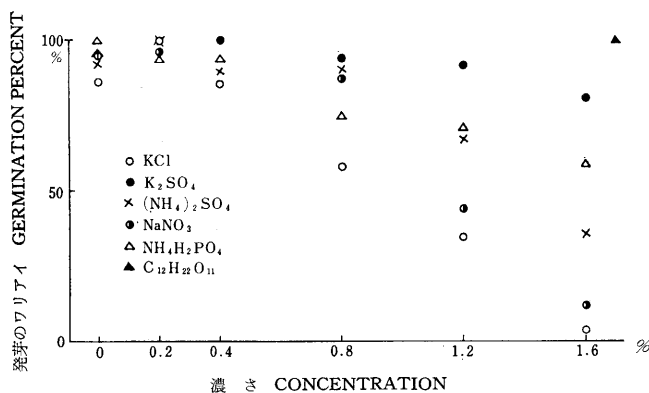


図-4. 液の濃さを % でしめたときの発芽のワリアイ

Fig. 4. Relationship between the concentration of solutions in percent and the germination percent.

をしめし、KCl はその 1/10 の約 3% にすぎない。しかし、このように濃さを % であらわすと、図-4 であきらかなようにサトウミズは測点がすくなくすぎるため、逆に肥料の水溶液をモルになおすと図-5 のようになる。このばあいもサトウミズはあまり影響がないが、肥料の水溶液は 0.10 モルになると種類のいかんをとわず発芽のワリアイが低くなる。とくに $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ は発芽のワリアイが 0.12 モルで約 35% となり、これは KCl のモルの発芽のワリアイと似たあたりである。

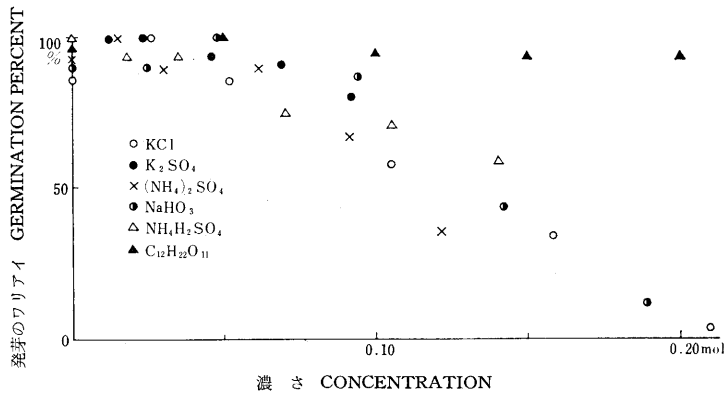


図-5. 液の濃さをモルでしめしたときの発芽のワリアイ

Fig. 5. Relationship between the gram molecule of solution and the germination percent.

このように水溶液の濃さを % やモルであらわしたならば、その発芽のワリアイが逆をしめすことがある。このことは水溶液の濃さを % やモルでしめすと、それが直ちに浸透圧の強弱をしめすものでないためである。

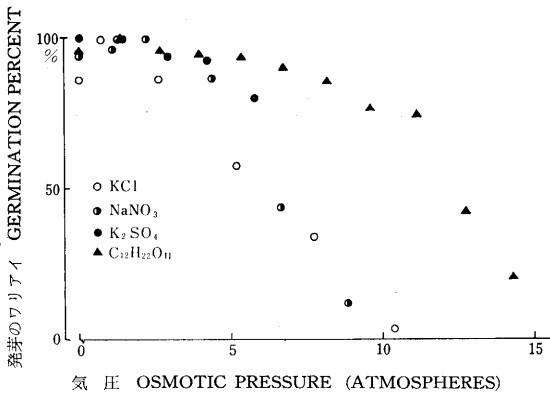


図-6 液の濃さを浸透圧でしめしたときの発芽のワリアイ

Fig. 6. Relationship between the osmotic pressures of various solutions and the germination percent.

実験に使った肥料のうち 3 種類のあたいを浸透圧*になおし図-6 にしめす。この図から浸透圧が 3~4 気圧になるとすこしずつ発芽に影響をおよぼしており、5 気圧になるとはっきりと影響がみとめられる。これより気圧が高くなればますます影響ははっきりしてくるが、このばあいも肥料の水溶液とサトウミズとは発芽におよぼす影響がことなる。これはおそらく電解質と非電解質のちがいによるものと思う。

またすでにのべたように KCl や

* 坂村 徹著：“植物細胞浸透生理” (1949) の 60 頁の表にはこの実験に使った肥料のうち KCl, K_2SO_4 , NaNO_3 の 3 種類しかない。そのため、この表のあたいをを使って計算したものを図-6 にしめした。

NaNO_3 の 1.2% は水溶液を % であらわすと K_2SO_4 の 1.2% 液の半分しか発芽しなかったが、気圧になおしてみるとそれぞれ 7.7, 6.6 および 4.2 気圧で、 NaNO_3 が 0.8% (4.4 気圧) のときの発芽のワリアイは K_2SO_4 の 1.2% (4.2 気圧) の発芽のワリアイとあまり差のない発芽をしめしている。このことは肥料の量よりも浸透圧がタネの発芽におよぼす影響が大きいことをしめす。

土に肥料をまぜあわせればあいの土の水溶液の浸透圧は WHITE ら*によると 2 地方からあつめた土に肥料をまぜあわせてその浸透圧をはかったところ、両者のあいだには同じ種類の肥料を使ったにもかかわらず浸透圧で約 6 倍の差があった。そのため肥料をいくら加えたからといって、土の浸透圧は測定しないかぎり何気圧になるかわからない。

林業ではふつう苗畑には 1 m^2 あたり 30~40 g 施肥するので、ha あたり 300~400 kg ということになる。このあたりでは WHITE らが使った浸透圧の大きい土で混合肥料をもちいると 5 気圧前後になる。すでにのべたように 5 気圧は発芽に影響を与えはじめている。また WHITE らが NaNO_3 を使った実験ではこの ha あたり 300~400 kg の施肥は 12~15 気圧の浸透圧をしめたので、このばあいクロマツが発芽できないことは図-6 をみればあきらかである。そのため、タネまき床に肥料を加えるばあいはあまり一度に多くあたえないややかたが安全と思う。

摘 要

タネの発芽に必要な水は土の留水力と溶液の浸透圧の和より大きいチカラがないと吸水できない。そのため、いろいろの肥料を使って水溶液をつくり、そのなかでのクロマツのタネの発芽の関係について実験をおこなった。

1) 硫酸 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、硝酸ナトリウム NaNO_3 、磷酸アンモニア $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 、塩化カリ KCl 、硫酸カリ K_2SO_4 の 5 種類を使って 0.2, 0.4, 0.8, 1.2, および 1.6% の水溶液をつくった。これらの溶液での発芽経過は KCl 、 NaNO_3 の 1.2, 1.6% では発芽に悪い影響を与え、発芽がおそくなり、発芽のワリアイが低くなった。(図-1)

2) 1) と同じ溶液においてタネの重さのましかたをもとめたところ、すべての溶液で吸水の過程は 3 つの部分にわけられた。第 2 の部分は溶液が濃くなるほど長くなり、第 3 の部分もまたましかたがゆっくりであった。(図-2)

3) サトウミズを 0.05 モルから 0.50 モルまで 0.05 モルのかんかくで濃さをかえて、タネの発芽経過をしらべた。その結果 0.30 モルから 0.40 モルになると発芽をはじめるのがおそくなり、発芽のワリアイもわるくなったが 0.45 モル以上になると急に発芽のワリアイが悪くなった。(図-3)

4) 電解質として肥料の溶液を、非電解質としてサトウミズを比較して発芽をしらべると、そ

* WHITE, L. M. and W. H. Ross, 1939. Jour. Agr. Research 59, 81.

の濃さを % やモル濃度であらわして発芽のワリアイをみると % とモルでは逆になるばあいがあった。溶液の濃さと発芽の関係をj知るためにはこれらの濃さのあらわしかたは適当でなかった。(図-4, 図-5)

3種類の肥料の溶液を滲透圧(気圧)になおしてみると溶液の濃さと発芽の関係がはっきりし、肥料の溶液はサトウミズより低い濃さで発芽をおさえることがわかった。(図-6)

Summary

The purpose of this investigation is to know the influence of the concentration of fertilizers on the germination of *Pinus thunbergii* seeds. Five fertilizers were used in the tests: ammonium sulfate, sodium nitrate, ammonium phosphate, potassium chloride and potassium sulfate. Seeds were germinated in the fertilizer solutions, the concentration of fertilizers was 0.2, 0.4, 0.8, 1.2 and 1.6 percent respectively.

The curves in Figure 1 show the course of germination of seed given with solutions of various fertilizer. The germination of seeds did not necessarily decrease with increase in concentration of fertilizer, the seeds given with lower concentration of the solution germinated as rapid as with water. With the solutions higher than 0.8% in the concentration of potassium chloride and sodium nitrate, the germination was far lower than the others. (Fig. 1)

The curves of water absorption of the seed given with fertilizer solutions may be divided into 3 parts, as in the case of water, but the second part of the curves was longer with higher concentrations of the fertilizer and the quick rise of the third part was slowed. (Fig. 2)

The germination process in saccharose solutions of various concentrations is shown in Figure 3. The germination decreased with increasing concentration of saccharose.

The relation between the percent and gram molecule of the solution in the seed germination were studied. (Fig. 4, Fig. 5) These two expression of the concentration of the fertilizer resulted differently and the use of them are not advisable.

The relative effects of the concentrations of the solution in seed germination were expressed with the osmotic pressure (Fig. 6) and the effect of the solutions of fertilizer on the seed germination was greater than saccharose solutions of the same concentration.