

ヤチダモのタネの発芽遅延についての研究 (第4報)

吸水経過について

浅川 澄彦⁽¹⁾

ヤチダモのタネの発芽遅延をひきおこしている原因については、これまでに、第1報¹⁾に綜説したようにいくつかの研究がおこなわれてきた。その一つとして高樋・豊岡は²⁾は、みのつた乾燥したタネが発芽しにくい一つの原因は、こういうタネの水をすうハヤサがきわめてのろいことであると報告した。しかし、筆者が実験しながら観察したところくらべあわせると、このカンガエカタはそのままうけいられないようにおもえた。林木のタネについて、吸水経過をたやすくしかもこまかくあとづけることが、トーション・バランスをつかうことによつて可能であることを柳沢³⁾と郷⁴⁾が別々にあきらかにしているが、この方法をつかつて、ヤチダモのタネの吸水経過をもう一度あとづけてみる必要があるとかがえた。

1. 材料と方法

ヤチダモのタネは1954年の10月に北海道旭川営林局神楽営林署部内にとられ、11月中旬に研究室におくられてきた。トネリコのタネはおなじ年に目黒の林業試験場構内にとつた。

1粒ずつオモサをはかつたタネを、第1報¹⁾ Fig. 7の1にしめすような発芽床におき、一定時間ごとにとりだして、種皮あるいは果皮の外側についている水分をガーゼですばやくふきとり、1粒ずつばやくオモサをはかつた。オモサはすべて1mg目盛のトーション・バランスで1/10mgまではかり、吸水の割合ははじめのオモサでふえた部分をわつてもとめた。また、幼根が屈地性をしめしたときを発芽とみなした。

これまでのおおくの文献でもあきらかである¹⁾が、ヤチダモのタネはとくに処理しなければ発芽しないので、発芽までの吸水経過をもとめるために前処理をおこなつた。前処理の条件はつぎの実験の項目のべるが、こういう処理が発芽におよぼす効果についてはこの報告ではふれない。

2. 吸水経過

ヤチダモ

(実験1) それぞれ10粒からなるA, B, C, Dの4区について、1954年11月21日からおよそ9カ月にわたつて吸水の経過をあとづけた。果皮をのぞいたタネを発芽床にならべて、Aは25°Cに3カ月おいてから2°Cに3カ月おき、Cは2°Cに3カ月おいてから25°Cに3カ月おき、BとDはそれぞれ6カ月間ずつと25°Cと2°Cにおいた。どの区も6カ月の前処理がおわつたあと25°C—8時間、8°C—16時間の変温条件にうつした。Aは変温にうつしてから3日目に発芽しはじめ9日目におわつたが、

(1) 造林部造林科種子研究室員

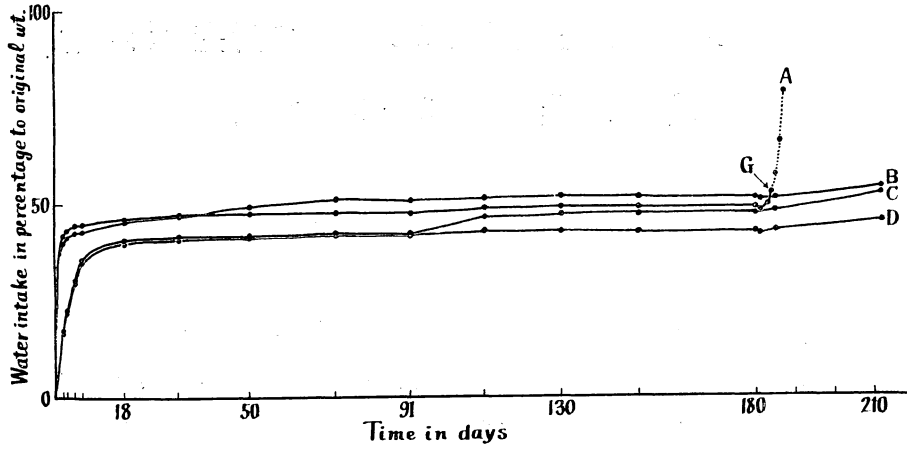


Fig. 1 前処理から発芽するまでのヤチダモのタネの吸水経過

Water absorption by a seed of *F. mandshurica* var. *japonica* after the pretreatments, A (25°C.—90 days, 2°C.—90 days), B (25°C.—180 days), C (2°C.—90 days, 25°C.—90 days), and D (2°C.—180 days), after bedding. G shows the day when a radicle showed geotropic curvature.

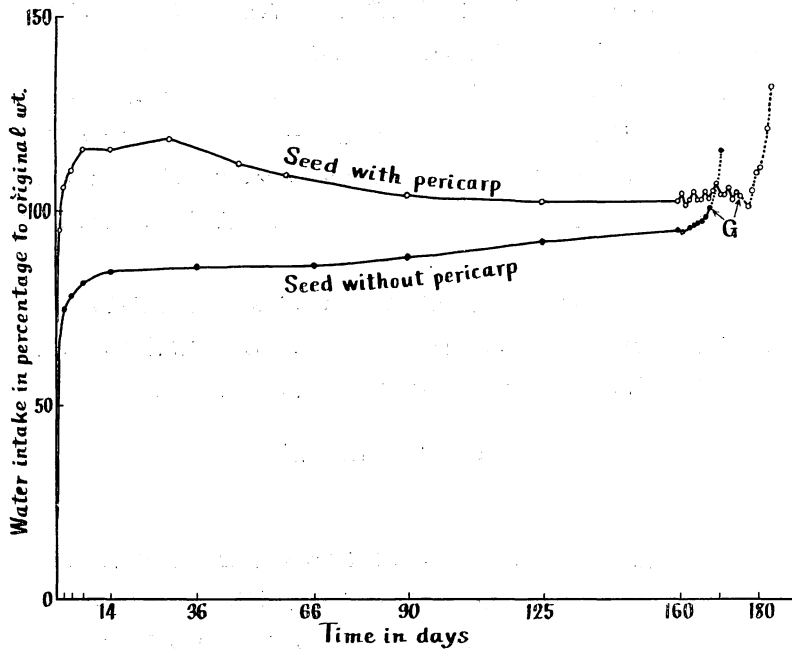


Fig. 2 前処理から発芽するまでのヤチダモのミとタネの吸水経過

Water absorption by a fruit and a seed of *F. mandshurica* var. *japonica* after bedding, transferred to alternating temperatures (8~25°C.) after treating at 25°C. (90 days) followed by 2°C. (70 days).

ほかの3区は90日後にもまったく発芽しなかつた。それぞれの区のタネの吸水経過の一例を Fig. 1 にしめす。

(実験2) 1955年2月14日から、それぞれ10粒について果皮をつけたままのタネと、果皮をのぞいたタネとの吸水経過をしらべた。いずれも25°Cに3カ月おいてから2°Cに70日間おき、その後実験1とおなじような変温条件にうつした。発芽には実験1の場合よりも日数がおおくかかつたが、これは2°Cにおいた期間がみじかかつたためとおもわれ、ことに果皮をつけたままのタネのほうがおそかつた。全期間をとおしてのそれぞれのタネの吸水経過の一例を Fig. 2に、はじめの間の吸水割合の10粒の平均値をむすぶ曲線を Fig. 3にしめす。Fig. 3を対数グラフにかきかえると Fig. 4のようになり、果皮をつけたままのタネでは20時間ぐらいまで、果皮をのぞいたタネでは24時間ぐらいまで、ほぼ直線関係にあるとみなしてよさそうである。すなわち、この範囲ではどちらも $\log y = \log a + b \log x$ (ただし x は発芽床においてからの時間を、 y は x 時間後の吸水割合を、また a と b は常数をあらわしている) の式であらわすことが

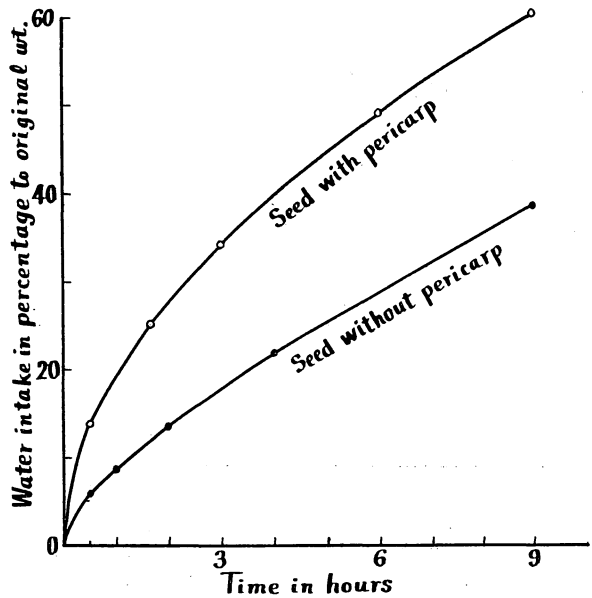


Fig. 3 Fig. 2 にしめす吸水曲線のはじめの部分
An early stage of water absorption curve by a fruit and a seed shown in Fig. 2.

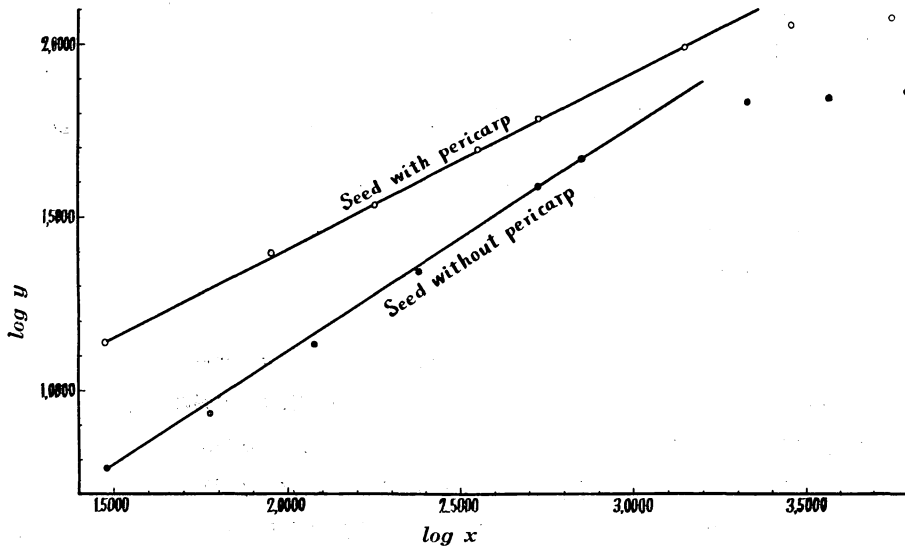


Fig. 4 吸水経過のはじめの部分の対数曲線
Logarithmic graph induced from Fig. 3 of an early water absorption.

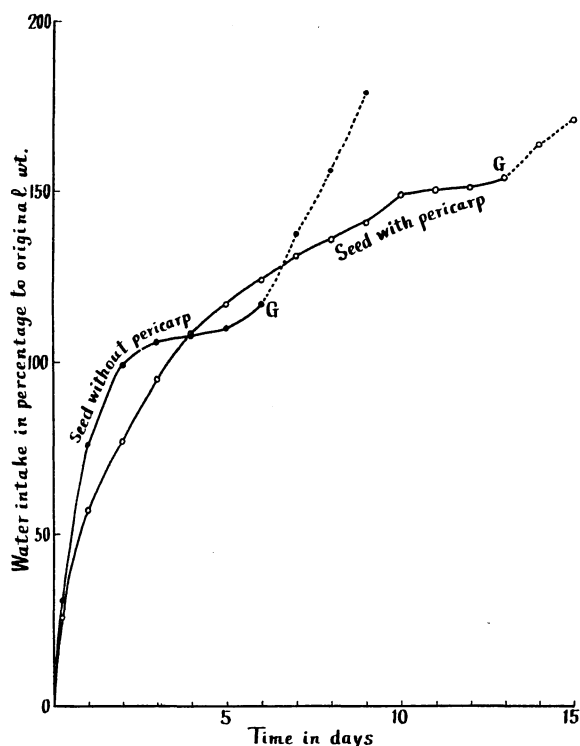


Fig. 5 トネリコのみとタネの吸水経過
Water absorption by a fruit and a seed of *F. japonica* after bedding at 25°C.

て、25°C の定温器でおこなつた。後者では5日目に発芽はじめ 12 日目におわつたが、前者ではいくらかおくれで発芽しはじめたばかりでなく、30日しても半分しか発芽しなかつた。吸水経過の一例をFig. 5 にしめす。この実験につかつたタネはミのおモサのおよそ 60 % (40 粒の平均で 61.2%) をしめ、含水率はミ全体で 7.9 %, タネは 6.5 %, 果皮は 10.2 % であつた。

3. 色素をつかつて吸水の経過をあとづける方法

吸水のハヤサをしる一つの方法として、高樋・豊岡⁹⁾ はメチル・ヴァイオレット溶液にタネをつけて、色素がしみこむのにかかる時間をしらべている。かれらが報告している吸水のハヤサはあまりにおそいので、筆者はこの方法が原理的にこのような目的にそえないものかもしれないとかんがえ、この点を検討するためにつぎのような実験をこころみた。

メチル・ヴァイオレット、ニュートラル・レッド、酸フクシン、およびコンゴウ・レッドの 0.1% 蒸溜水溶液——高樋・豊岡は極稀薄液をもちいたとのべているので、0.01 %, 0.001% の溶液もつかつてみたが、色素が種皮に吸着される場合にはすみやかに液中からうしなわれることがわかつた——に、(i) 活力のあるタネ、(ii) 活力はあるが種皮の一部分をけずりつたタネ、および (iii) 105°C に 24 時間おいて活力をうしなわせてから 24 時間空気中においたタネをつけ、溶液を毎日とりかえて透過の状態を観察した。その結果活力のあるタネ ((i) および (ii)) では透過のシカタが色素によつていくらかちがついた。タネを液につけてから 7 日目に顕微鏡で観察したところによると、種皮をきずつけてないタネ (i) の

できるから、Fig. 3 の曲線は $y=ax^b$ という方程式であらわせることになる。係数をもとめてみると、果皮をつけたままのタネでは $y=2.427x^{0.511}$ 、果皮をのぞいたタネでは $y=0.658x^{0.647}$ がえられる。この実験につかつたタネのおモサはミのおモサのおよそ半分 (20 粒の平均で 50.6 %) をしめており、含水率はミ全体では 9.1 %, タネは 7.3 %, 果皮は 10.9 % であつた。

トネリコ

トネリコ属植物のなかでは、ヤチダモのタネだけがいちじるしい発芽遅延をしめすとおもわれることを第 1 報¹⁾ にのべた。そこではほかの群の代表としてトネリコのタネをえらび、吸水経過にチガイがあるかどうかをしらべた。実験はヤチダモの実験 2 とおなじときに、果皮をつけたままのタネと果皮をのぞいたタネのそれぞれ 10 粒につい

胚乳・胚に色素をみいださなかつた点ではおなじであつたが、メチル・ヴァイオレット、ニュートラル・レッドは種皮組織を完全に染色し、つぎのコルク質膜 (suberized membrane)⁵⁾ にはしん透していないらしい。一方酸フクシンはいくらか種皮組織にしん透している程度で、コンゴローレッドはほとんどしん透してはなかつた。さらに胚乳の一部をだしたタネ (ii) では、メチル・ヴァイオレット、ニュートラル・レッドは切口からゆつくりではあるが胚乳組織にしん透し、染色は胚までおよぶ。ところが酸フクシン、コンゴローレッドの場合には切口が染色されるだけで中々胚乳にしん透しないばかりでなく、とりだした胚も染色されにくかつた。活力をうしなわせたタネ (iii) でも2日目まではコルク質膜から内側には色素をみいだせなかつたが、この場合にはどの色素も種皮組織だけは完全に染色した。その後メチル・ヴァイオレット、ニュートラル・レッドでは3日目に、酸フクシンでは4日目に胚乳に色素が透過しているのがみられた。コンゴローレッドでは7日目にも胚乳に色素をみいだせなかつた。

前節であきらかにしたオモサの増加による吸水経過とかがえあわせれば、活力のあるタネの吸水のメジルシにこれらの色素の透過をつかうことはできないことがわかる。うえのべたようにこういう色素の透過をさまたげているのはおもにコルク質膜であるらしい。この膜の色素にたいする不透性は、活力をうしなうことによつてのぞかれるから、タネをながいあいだ色素液につけておいたときに胚乳や胚まで色素が透過することがあるとすれば、それはタネが活力をうしなうのにもなつてコルク質膜の選択吸収性がうしなわれたためだとかがえてもよさそうである。

4. かがえられること

発芽床においてから発芽するまでの1粒のタネのオモサの変化をしめす Fig. 1 と Fig. 2 から、ヤチダモのタネの吸水経過も、郷²⁾ がクロマツ、アカマツ、スギで、畑野⁴⁾ がカラマツ、クロマツであきらかにしたとおなじような3つの段階をもつていることがわかつた。ただこの場合のいちじるしい特徴は、第2の段階がきわめてながく、とくべつ温度処理をあたえなければこの段階にいつまでもとどまつていることである。硬粒としてしられているハゼノキのタネは、とくに処理してやらなければほとんど吸水しない⁷⁾ が、この場合には2, 3日で第1の段階をおわり、この期間のオモサの増加にくらべれば第2, 第3の段階のそれははるかにすくないものであるから、ヤチダモのタネはいわゆる硬粒のタネとはことなり、発芽遅延のおおきな原因を吸水しにくいことにもとめることはできない。また、Fig. 1 と Fig. 2 をくらべればとりれてからの乾燥にもなつてはじめての吸水のハヤサはむしろはやくなつている。ただ第2の段階でのオモサの増加は、ながく乾燥状態におかれたタネのほうがいくらかおおいようであるから、適当な条件におかれたときの反応は、乾燥にもなつてにぶるものかもしれない。実験1の結果 (Fig. 1) がしめしているように、低温における吸水のハヤサは高温でのそれよりものろく、また吸収される水分の絶対量も前者のほうがちいさいようであり、このことは第1段階と第2段階のはじめにかけての吸水が物理的な現象であることをしめしている。Fig. 1 のAとCは温度処理の条件を逆にしたものであるが、処理したすぐあとの両者の吸水割合がほとんどちがわないのにCはまつたく発芽しなかつたから、このことから発芽をおくらしている原因が、吸水のほかにもとめられなければならないことがわかる。Fig. 2 の果皮をつけたままのタネの吸水曲線を見ると、発芽床においてから30日ごろに最大にたつし、それから次第にオモサがへり、処理期間のおわりまでにはおよそ20%もへつていた。これは果皮から水溶性の物質がとけてたためであるとおもわれる。このタネを変温にうつしてからオモサにかなりの増減がみとめられ

たが、この現象をひきおこしている原因はわからない。

林木のタネの吸水経過をあらわす方程式については、柳沢⁹⁾と郷³⁾がそれぞれの樹種にたいして検討をくわえている。郷³⁾はクロマツのタネの吸水経過の第1段階が $y=ax^b$ であらわされることを主張しているが、ヤチダモのタネでもはじめの部分についてこの式が適用できることがわかった (Fig. 3 および Fig. 4)。

わがくにのトネリコ属植物のなかで、ヤチダモのタネだけがかわつた発芽遅延をしめすらしいことを第1報¹⁾にのべた。そこでほかの種のタネと吸水経過にチガイがあるかどうかをしらべるために、トネリコのタネをつかつておこなつた実験の結果を Fig. 5 にしめた。この図から、果皮をのぞいたタネの吸水経過はクロマツなどのそれときわめてよくにていること、またヤチダモのタネのそれとのチガイは第2段階の期間のナガサだけであることがわかつた。したがつて両者の発芽のシカタのチガイは吸水によつて説明することができない。

みちびいていただいた研究室長柳沢聡雄技官、てつだつていただいた沢崎銀太郎技官、田中ナミさん、タネをお世話してくださつた旭川営林局の前田嘉夫技官、神楽営林署の小山憲技官に心からお礼もうしあげる。

5. あ ら ま し

ヤチダモのタネの発芽をおくらせる原因をあきらかにする一つのココロミとして、このタネの吸水経過をあつづけた。果皮をのぞいたタネの吸水は、

第1期 (発芽床においてから 2, 3 日間の急速にオモサがふえる期間)、

第2期 (ゆつくりオモサがふえる期間で、このナガサはタネによつてちがうものとおもわれる) および

第3期 (ふたたび急速にふえる期間で、発芽するまでのオモサの増加はまえの段階よりもすくないくらいであるが、[高温—低温] 処理をしてから変温条件にうつすことによつてはじめてこの段階にうつることができる)

の3段階にわけられる。果皮をつけたままのタネは第2期にゆつくりオモサがへり、第3期には発芽するまで増減をくりかえす。いずれの場合にも、発芽するまでに必要な水分の大部分を第1期に吸収するからこのタネの発芽遅延が吸水しにくいことによつてひきおこされているとはいえない。

文 献

- 1) ASAKAWA, S.: Bull. Govern. For. Exp. Sta. 83 (1956) p. 1~18.
- 2) Goo, M.: Bull. Tokyo Univ. For. 39 (1951) p. 55~60.
- 3) ———: Ibid. 41 (1951) p. 51~56.
- 4) HATANO, K.: Jour. Jap. For. Soc. 33 (1951) p. 426~430.
- 5) STEINBAUER, G. P.: Plant Physiol. 12 (1937) p. 813~824.
- 6) TAKATOI, I. & H. TOYOOKA: Trans. Hokkaido Branch Jap. For. Soc. 1 (1952) p. 1~5.
- 7) WATANABE, A.: Bull. Tokyo Univ. For. 44 (1953) p. 7~13.
- 8) YANAGISAWA, T. & T. KAWANISHI: Report of the Sapporo Branch For. Exp. Sta. 69 (1951) p. 7~15.

Studies on the Delayed Germination of *Fraxinus mandshurica* var. japonica Seeds. (4) On water absorption.

Sumihiko ASAKAWA

Some attempts to explain the causes of delayed germination of *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* seeds have already been reviewed in the first paper¹⁾. TAKATOI and TOYOOKA²⁾ reported that one of them was the difficulty of water absorption by these seeds. In order to test this hypothesis, the process of water absorption by these seeds has been traced by means of torsion balance.

Materials and Methods

F. mandshurica var. *japonica* seeds were collected in Kagura National Forest in Hokkaido in October of 1954, and *F. japonica* seeds in the campus of our station at Meguro, Tokyo in November of 1954.

Weighed seeds were placed on a gauze spread in a petri dish with glass slide. They were taken out after a given time, and weighed grain by grain after quickly wiping off water on the surface of their pericarps or seed coats. The weight was measured in 0.1 mg by means of torsion balance scaled with mg, and its increase expressed in terms of ratio of absorbed water to the original weight of fruit or seed. The seed, the radicle of which showed geotropic curvature, was considered as a germinating seed.

As reported in some papers¹⁾, these seeds are found not to germinate without treating. In order to trace water absorption from bedding to germination, pretreatments were necessary. Their conditions are described in the next section. The hastening effect of such pretreatments on germination will not be touched upon here.

Water Absorption

***F. mandshurica* var. *japonica* seeds.**

(Experiment I) With regard to four lots, A, B, C, and D, all containing 10 dewinged seeds, water absorption was traced for about nine months from November 21 in 1954. Pretreatments, conducted for six months, were as follows: A was treated at 25°C. for three months followed by 2°C. for the same period, C treated at 2°C. for three months followed by 25°C. for the same period, and B and D treated all through the period at 25°C. and 2°C., respectively. Then each lot was kept under alternating temperatures (25°C. for 8 hours and 8°C. for 16 hours). After being transferred to alternating temperatures, the seeds in A began to germinate on the third day and ended on the ninth day, but in other lots no seed germinated within 90 days. The type of water absorption curve in each lot is shown in Fig. 1.

(Experiment II) The second test was conducted from February 14 in 1955, in which the difference between seeds with pericarps and those without them was determined. These seeds were treated at 25°C. for 90 days followed by 2°C. for 70 days. Maybe as a result, it took more days for germination than in Experiment I, especially in seeds with pericarps. Typical curves in both lots are shown in Fig. 2. The earlier stage of such a curve is shown in Fig. 3 as the average of 10 seeds. Fig. 4 shows the logarithmic curves

rewritten from Fig. 3. From this figure the early parts of both curves—the parts for 20 hours with seeds having pericarps and for 24 hours with those without them—prove to increase in a straight line. In consequence both curves in Fig. 3 are expressed as the equation $y=ax^b$, where y is an increase in weight of seed, x is time in minutes, and a and b are constants. Seeds used in this experiment were half of fruits in weight, and water content was 9.1 % in fruits, 7.3 % in seeds, and 10.9% in pericarps.

F. japonica seeds.

In the first paper¹⁾, the writer explained that Genus *Fraxinus* was divided into two groups, I and II, and that the germination manner differed between these groups. Seeds in group I have completely developed embryos, but those in group II have rudimentary ones. So it was decided to ascertain whether these groups were dissimilar in the process of water absorption. This experiment was carried out with two lots each of 10 seeds, one lot with pericarps and the other without, in an incubator at 25°C. at the same time as the Experiment II of *F. mandshurica* var. *japonica* seeds. All seeds without pericarps germinated from the 5th to the 12th day, while half of those with pericarps did not germinate even after 30 days. The type of water absorption curve in each lot is shown in Fig. 5. Seeds were about 60 per cent of fruits in weight, and water content was 7.9 % in fruits, 6.5 % in seeds, and 10.2 % in pericarps.

Can the Pigments be Used as an Indicator of Water Absorption?

TAKATOI and TOYOOKA²⁾ have used the time which methyl violet takes to penetrate enveloping tissues of seeds as an indicator of water absorption. The velocity of water intake which they have obtained by this method, is so slow that it may not be a true measure of water absorption. The following experiments were made in order to clarify this point.

(i) Viable seeds without pericarps, (ii) viable seeds with seed coats peeled off partially, and (iii) killed seeds without pericarps were soaked in daily fresh 0.1% solutions of methyl violet, neutral red, acid fuchsin, and congo red in distilled water. The endosperms of viable intact seeds (i) could not be dyed at all. In the case of methyl violet, neutral red, and acid fuchsin, according to microscopic observation, the causes for this could be the impermeability to these pigments of suberized membrane³⁾, and consequently pigments are deposited by seed coat. In the case of congo red, it could be the impermeability to this pigment of the outer membrane of seed coat, where pigment is hardly deposited. In the seeds of (ii), methyl violet and neutral red permeated slowly into endosperm and embryo from a section. On the other hand, acid fuchsin and congo red dyed only a section and did not permeate inside it. Even in the killed seeds (iii), the penetration of all pigments to endosperm was disturbed by the suberized membrane during a few days. Other pigments than congo red, however, did soon penetrate through this membrane. So the impermeability to the pigments of the suberized membrane seems to be lost by losing viability.

Accordingly it is concluded that the penetration of such pigments cannot be utilized as an indicator of water absorption, and that the possible penetration of pigments after a long time may result from the disappearance of selective absorptive power of the suberized membrane by degeneration.

Discussion

From Figures 1 and 2, the curve of water absorption by *F. mandshurica* var. *japonica*

seed is also divided into three parts as described with *Pinus Thunbergii*, *P. densiflora*, *Cryptomeria japonica*²⁾, and *Larix Kaempferi* seeds⁴⁾. In this case, however, it is characteristic that a period of the second phase is very long and seems to be semipermanent under constant high temperature (25°C.). *Rhus succedanea* seed, known as "hard-coated seed", cannot absorb water without a special treatment⁷⁾, but the first phase of water absorption by *F. mandshurica* var. *japonica* seeds ends in a few days after bedding and the increase of weight in this phase is far larger than that in the second phase. Accordingly these seeds cannot be classed as "hard" and their delayed germination is independent of the difficulty of water absorption. The early velocity of water absorption was not affected by the dryness after harvesting. Seeds dried after harvesting, however, absorbed water even in the second phase. So the dryness may make seeds a little dull in their reaction to favorable conditions. The absorption velocity at low temperature (2°C.) is lower than that at high temperature (25°C.), and at low temperature less water seems to be absorbed. Such facts show that the water absorption in the first phase and in the beginning of the second one is a physical phenomenon. Though the ratio of water absorption to original weight in C (2°C.~25°C.) was equal to that in A (25°C.~2°C.) at the end of pretreatment, the seeds in the former did not germinate at all. This fact also shows that the causes for the delayed germination of these seeds must be besides water absorption. A decrease after the 30th day after bedding of weight in seeds with pericarps may be partially explained by a leaching of water-soluble substances from pericarps.

YANAGISAWA⁸⁾ and GOO³⁾ have given equations expressing the process of water absorption. With *Pinus Thunbergii* seeds, GOO³⁾ has described that the equation $y = ax^b$, where each symbol is common to that at p. 82, applies to the part of the first phase of an absorption curve, and this is also the case with *F. mandshurica* var. *japonica* seeds.

In the first report¹⁾ the writer stated that *F. mandshurica* var. *japonica* seeds showed a peculiar delayed germination among all the Japanese species in *Fraxinus*. So the process of water absorption by *F. japonica* seeds was traced in order to ascertain whether there is a difference between *F. mandshurica* var. *japonica* and other species or not. Fig. 5 shows that the process of water absorption by *F. japonica* seeds resembles that by *F. mandshurica* var. *japonica* seeds with the difference in the length of the second phase. Accordingly the difference of germination requirement between the two cannot be explained by water absorption.

The writer expresses his sincere thanks to Dr. Lela V. BARTON of Boyce Thompson Institute for Plant Research, Inc., who kindly and with interest read through his English manuscript and revised it, and to Mr. T. YANAGISAWA for encouraging the writer during this study.

Summary

To clarify the causes for the delayed germination of *F. mandshurica* var. *japonica* seeds, the process of water absorption by these seeds was traced. Absorption by the seeds without pericarps is divided into the following three phases:

- I Quick increase during a few days after bedding,
- II Slow increase, and
- III Second quick increase, but its amount is more slight than that in I. As far as is

known at present, a movement from the second phase to the third one can be brought about only by the "25°C.~2°C." pretreatment followed by daily alternating temperatures (25°C.~8°C.).

The weight of seeds with pericarps decreased slowly during the second phase, and at the third phase repeated an increase followed by a decrease until their germination. Seeds with or without pericarps have absorbed most of water necessary for germination in the first phase, which suggests that the delayed germination of these seeds is not caused by the difficulty of water absorption.