

### 13 林木種子の発芽にみられた温周性

—とくにヤチガモのタネの発芽について—

浅川澄彦 (林試)

タネの発芽に関連した温度要因についての研究はきわめて多いが、普通には、一定の温度で発芽するもの、温度変化をあたえると発芽するものの2群が大別され、また発芽にたいする最低温度、最適温度、最高温度という3つの概念がもたらされてきた。しかしながら実際には、発芽のための温度要求は、タネの双的條件に影響するようないろいろな因子によっていさじろしく変わるものであり、このよりの温度要求の変化をしめした研究もすくなくない。著者は、ヤチガモのタネの発芽について研究しはじめたまもなく、その発芽が温度条件によっていさじろしく影響されることにきづき、以来このタネの発芽反応を、主として温度要因との関連から研究してきたので、そのあらましを紹介しない。ちなみに、ヤチガモはトネリコ属 (*Fraxinus*) の1亞節に位置する樹木であるが、そのタネは、普通そのまゝでは発芽せず、十分吸水させた状態で、はじめおおよそ25°Cに、その後おおよそ2°Cにそれぞれ2~4カ月おく必要がある\*1。各温度での処理期間に応じて発芽に要する条件が変わる。また果皮は前処理の効果をもくくし、発芽を抑制することになったので、以下のべる実験では、前処理をはじめのまゝに果皮をはずしている。

いろいろな温周期での発芽反応：適当な前処理をしたヤチガモのタネをいろいろな温度条件で発芽させた結果、変温条件が有利なことがわかったので、25°Cと8°Cをつかって、それぞれ温度におく時間をかえてみた。はじめに24時間の周期でこころみたが、その結果はFig.1のとおりで、いずれの場合にもおおよそ2週間て発芽をおわったが、最終発芽率の差にあたる部分のタネは、温度条件をえよければ発芽したはずのもので、これらは、それぞれの生理的ステージとしては25°Cにおく時間がながすぎたために発芽が阻害されたものとおもわれる。そこでさらに温周期をいろいろにかえて発芽反応をしらべてみたところ、つぎのような結果がえられた。8°Cにおく時間を一定(20時間)にすると、25°Cにおく時間をながくするにつれて発芽阻害が増加する(Fig.2)が、25°Cにおく時間を一定(20時間)にすると、8°Cにおく時間をながくするにつれて発芽阻害が減少する(Fig.3)。また2つの温度におく時間をひと

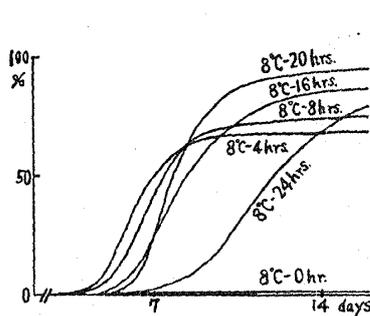


Fig.1 24時間の周期のなかで25°Cと8°Cにおく時間をかえた場合の発芽経過

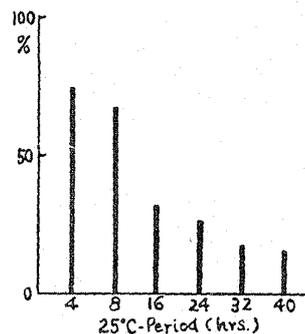


Fig.2 8°C(20hrs.)にたいして25°Cにおく時間をかえたときの12日(22日)間の発芽

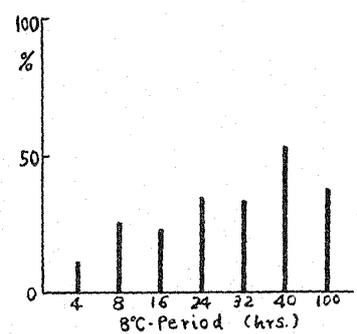


Fig.3 25°C(20hrs.)にたいして8°Cにおく時間をかえたときの12日(22日)間の発芽

\*1 普通 compound or combined stratification 組合せ 理層処理とよぶが、以下前処理とする。

しくして、それぞれにおく時間をながくすると発芽阻害が増加する。一方2つの温度におく時間の割合をひとしくすると、それぞれにおく時間をながくするにつれて次第に発芽速度がおよくはなるが、こころみた範囲では阻害はわずかに増加した程度であった(Fig.4)。なおたとえばFig.2についてみると、

この材料のうちのおよそ30%は8°C(20時間)~25°C(8時間)の温周期で発芽することになり、およそ20%は8°C(20時間)~25°C(40時間)の温周期でさえ発芽できるわけ、8°C(20時間)~25°C(4時間)の温周期でしか発芽できないタネはたかだか10%にすぎない。つまり発芽に要する温度条件が種々のタネによってことなることはあきらかである。

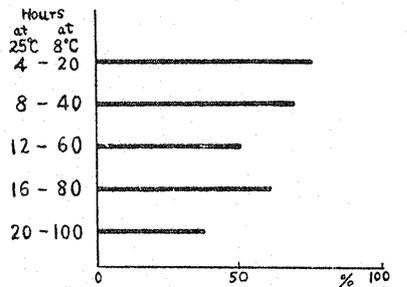


Fig.4 25°Cと8°Cにおく時間の割合を同じにして、単位時間をかえた場合の12日(22日)間の発芽

不利な発芽温度でつくられる阻害過程とその回復：不利な温度条件で発芽しなかったタネを、ある期間してからよい温度条件にうつしてもほとんど発芽しないから、これらのタネのなかで、発芽に阻害的にはたらくなんらかの反応がおきたと考えなければならぬ。たとえばFig.2~Fig.4の実験にもちいたのとおなじ材料を、いろいろの期間25°Cにたもつた場合の阻害のあらわれ方をしめしたのがFig.5である。つまり25°Cですすむよりの諸

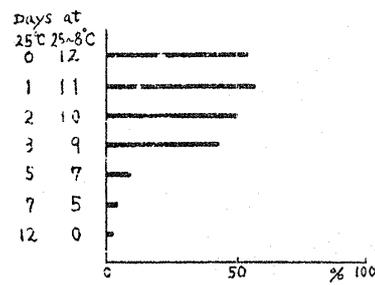


Fig.5 25°Cにたもつた時間と阻害のあらわれ方の関係(横線:12日間, 点:22日間)

反応が3~5日間すすむと、ひきつづいて有利な発芽温度にうつしてもほぼや附加的に発芽はほとんどみられぬ。この場合発芽しなかったタネは、前処理直後とはことなる生理的状态になっていたりと考えられる。なおこのような高温による阻害過程の程度は、前処理条件によってことなるものがあるらしい(Table 4 参照)。

不利な発芽温度による、つくられる阻害過程は、さしめて少く、くりこみはあきらか低温によりて解除される。25°Cに10日間おくことによりてつくられた阻害過程が、低温(5°C)によりてどのように解除されるかをしめしたのがTable 1であるが、この程度の阻害状態を完全に解除するにはおよそ3ヵ月を要することになる。なおこのような阻害過程は光照射によりて部分的に解除されるが、これについては次の項でふれることにしたい。

発芽の温周性：Went (1942) は、Morinaga (1926), Toole (1940) の実験——変温を要求するタネの種皮にキズをつけると、種皮をとりぬくことによりて、変温条件でなくても発芽するようになることを論拠にして、変温に反応するのは種皮のみ、これが提唱した生理的な意味での温周性と同一には論じられぬとしてゐるが、著者が行った一連の実験の結果、こころに不利な発芽温度で可逆的な阻害過程が、つくられるという事実は、変温条件によりて影響を及ぼす主要な部分と、物質代謝をいとせんでゐる部分をおよくは胚であることを示してゐる。そして、Went (1942) があきらかにした生長の他のステージにおける温周性とおなじく

Table 1. 25°C・10日間でつくられた阻害過程の低温(5°C)による回復

冷処理期間(日)	25~8°C 12日間の発芽率
0	2.8
10	3.8
20	3.0
40	24.8
80	71.1

対照: 79.2%

カニズムによっているという証拠はないし、むしろかなり豊度の反応群のバランスによっている可能性のほうが大きい。すくなくとも生理的の意味での温周性であることはたしかである。なおよくに実験結果がケヤキのタネについて報告されている(小山, 1922)し、Morinaga (1926)も変温が胚に影響をあたえている可能性を暗示しており、1957年以降、発芽の温周性を論じた多くの報告があらわれている。

Table 2. R-FR 反応  
60分照射、12日間の発芽率

照射光	発芽率
R	94.0
FR	62.2
R+FR	71.8
R+FR+R	96.1
R+FR+R+FR	66.2

Dark control : 44.0%

光感性と温周性の関連と消長：はじめヤチダモのタネの発芽には光は関係がないように思われたが、これは、生理的ステージがすすむと光がなくても発芽できるようになるためであることがわかった。前処理を十分に行なわれない材料について R-FR 反応をみた結果は Table 2 のとおりで、このタネの発芽にも、Borthwick らがいう phytochrome 系が関係していることを示している。ただしこの場合、光を周期的にあたえる場合にはこれと平行して、

発芽条件にすまえない光照射を行なう場合はこれにひきつづいて変温条件をあたえる必要がある、光感反応だけでは発芽はあこらない。

このようにヤチダモのタネの光感系は、温周性に関係している反応群とどこかでなみあっているが、これに関連した興味ある事実は、すでに述べた高温による阻害過程が、部分的にはあるが赤色光の短時間照射によって解除されることである。この赤色光の効果は、高温での反応がすすむにつれて減少するが、こころみ条件の材料について、25°C で5日間おいたものではまだ半分以上が解除されるが、7日間おいたものではほとんど解除効果のみとめられなく存する。阻害過程を解除する赤色光の作用も phytochrome 系をとおしておこっていること Table 3 の結果からあきらかである。つまり高温でおこる阻害過程が、すくなくとも副次的に phytochrome 系に影響をあたえていることはたしからしい。

Table 3. 25°C に5日間おいたタネの発芽と光照射の関係

25°C の日数	処理	23日間の発芽率
0	Dark	56.8
	R(10)	81.6*
5	Dark	9.1
	R(10)	49.7
	R(60)	58.9
	R(60)+FR(60)	10.3
	5°C 90days	94.3

\*12日間の発芽率

Table 4. 前処理条件による温周性と光感性の消長

前処理期間 (月)		毎日 8°C にあいた時間 (hrs.) のこの時間は 25°C におく							
at 25°C	at 2°C	0	4	8	(8)	16	(16)	20	24
1	2	0	1.1	1.7	11.2	5.4	33.6	2.4	0
1	4	0	6.6	11.3	31.6	33.1	42.5	39.0	14.4
2	2	0	2.7	11.8	47.9	37.0	74.0	23.8	1.8
2	4	22.4	32.6	40.5	61.0	70.0	92.5	75.6	32.1
3	2	0.6	10.1	37.6	43.7	35.6	91.3	55.9	5.2
3	4	30.9	56.0	75.0	90.9	81.9	89.6	81.8	65.2

発芽率は12日間のもの。()は25°Cでの8時間白光をあてる。17は12日間の暗黒条件

光感性があらわれる。すなわちある期間の前処理によって thermoperiodic phase と存するが、その初期はとくに必要とされた温周性を必要とする。後期にいたるほど低温反応にたいする要求度がへり、結局 non-thermoperiodic phase になる。この phase に入ったタネは、高温におく時間がながいほうがよく発芽する。このような温周性の消長に平行して光感度も次第にかわることが、光感反応にたいする依存度は、前処理期間

ヤチダモのタネの発芽における温度要求は、前処理条件によってかわるとのべたが、Table 4 は、光感度もみくめて、前処理条件にともなうこれらの消長を示している。これまでに、普通高温または低温湿層処理のいずれかでも発芽しないが、高温と低温をくみあわせると温周性

ことに低温期間がみじかい場合に大きく、25°C(3ヵ月) - 2°C(4ヵ月)の前処理をへると、25°C(8時間) ~ 8°C(16時間)の温周期ではほとんど光の影響がみとめられなくなる。

温周反応のシクミをとくてかかり：発芽の温周性は、ことなる適温をもった2つ以上の反応群のバランスによっているものと思われる。具体的にどのような反応系が関与しているかはまだわかっていないが、漢者が行なった2,3の実験結果は、そのシクミにアプローチするてかかりになるかもしれない。すでに述べたように、ヤチダモのタネの温周性は前処理によって影響を受けるが、これはタネの生理的なステージによって温度にたいする反応が変わることをしめしている。そこで特異的に *thermoperiodic* な生理的ステージのタネについて、一定の温度と温度変化をあたえた場合とでどのようなちがいがあらわれるかをみてみた。

タネ全体としてみると、水浸後数日でほぼ十分に吸水し、その吸水量にくらべると、このあと発芽するまでに吸水する量はごくわずかである。ところが胚だけについてみると、前処理後から発芽までにもかなりの量を吸水し、しかもその吸水の程度が温度条件によっていちじるしくことなることがわかった。(Fig.6) この場合、好氣的条件のもとでは変温のほうが吸水量がずっと多く、結局発芽することになるが、嫌氣的条件のもとでは変温によってむしろ吸水がおさえられる(Fig.7)。したがって温周反応は、胚の吸水を調節している機構に関係しており、この吸水機構は酵素をとりこむ反応系によってコントロールされていると考えられる。

呼吸量については、タネ全体としてみると温度条件によるちがいがあまりいちじるしくなく、定温では次第に呼吸が減退するのにくらべて、変温では高温期の呼吸のレベルが維持されるという程度のちがいはあるが、発芽するまではとくに呼吸量の増加がみとめられない。また阻害度実験の結果は、2,4-dinitrophenol (10<sup>-3</sup>M), KCN (M/200), sodium azide (10<sup>-3</sup>M) がほとんど完全に発芽を抑制し、p-nitrophenol (10<sup>-3</sup>M), iodoacetic acid (10<sup>-3</sup>M), sodium fluoride (M/200) などはほとんど抑制をみえなかった。したがって発芽期のエネルギー代謝において呼吸と phosphorylation が苦戦していること、主要な末端酸化酵素がチトクロム・チトクロム酸化酵素系であることが推定される。

物質変化については、発芽期の温度条件の影響を説明できるような結果はえられなかったが、前処理のあいだのもっともいちじるしい傾向は、胚における石油エーテル可溶部含有率の減少で、前処理後変温条件におくと、発芽までふたたび減少する(Fig.8)。また炭水化物では、非還元糖の消長がめだった。

(詳細は林試研報159号, 1963 参照)

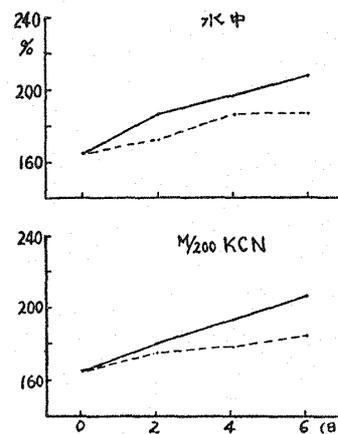
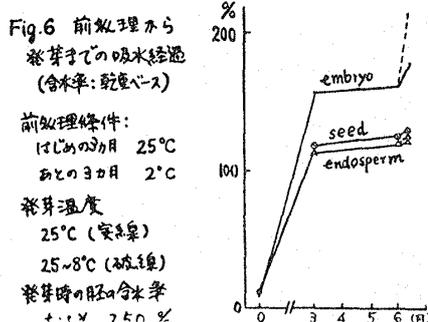


Fig.7 好氣的條件での胚の含水率の変化。(Fig.6の注参照)

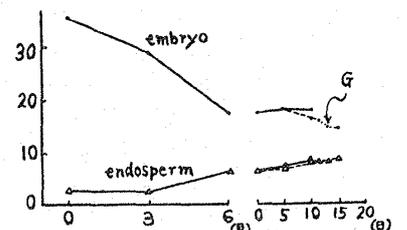


Fig.8 前処理から発芽までの脂肪含有率の変化。発芽温度: 25°C(実験), 25~8°C(破線)