

落葉性コナラ属種子の休眠と発芽に 関する研究

橋 詰 隼 人^{*}

Studies on the Dormancy and Germination in Seeds of the Deciduous *Quercus* Species

Hayato HASHIZUME^{*}

Summary

Dormancy and germination in seeds of six *Quercus* species were studied. The results obtained are summarized as follows :

1. As seed dormancy was dissimilar according to the part of embryo, radicle dormancy and epicotyl dormancy must be distinguished. Seed dormancy was broken by stratification at 5°C. The radicle dormancy was most shallow in *Q. crispula* and *Q. variabilis*, followed by *Q. serrata* and *Q. dentata*, and most deep in *Q. acutissima*. The epicotyl dormancy was most shallow in *Q. variabilis*, followed by *Q. aliena*, and most deep in *Q. serrata*, *Q. crispula*, *Q. dentata* and *Q. acutissima*.

2. Seed germination and the process of stratification in *Q. serrata* and *Q. acutissima* was stimulated by the gibberellin treatment. Soaking decoated seeds in a 1,000 ppm solution of gibberellin for two days, and subsequently stratifying them for 20~40 days was the most effective way to break the dormancy of *Q. acutissima* seeds. It seemed that the dormancy of *Quercus* seeds was caused by embryo dormancy and impermeable pericarp.

3. When deciccated at 25°C, seed germinability in *Q. acutissima* was lost after 35 days. The critical embryo moisture content for survival was about 16% on a wet-weight basis. The critical moisture content of acorns at a 80% germination level was estimated at 35%.

緒 言

落葉性コナラ属の樹種(ナラ, クヌギ類)は暖帯北部から温帯にかけて広く分布し, 林業上重要な種類が多い。材は硬く, 耐久力に富み, 火力が強くて, 昔から器具材や薪炭材などに利用されてきた。しかし, 近年木材需要の変化, 特に燃料革命によって薪炭材の需要が急激に減少し, これらの森林は

* 鳥取大学農学部造林学研究室 Laboratory of Silviculture, Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori 680

本研究は昭和53年度文部省科学研究費による研究である。

より経済性の高い針葉樹林に改植されてきた。

広葉樹林は、一般に木材生産の立場からみれば針葉樹林に比べて経済性が劣るといわれているが、林地保全、理水機能、地力維持、自然保護など森林の間接的効用の面からみれば針葉樹林に優る点も多く、また材は針葉樹にない特性を備えているものが多く、最近広葉樹の重要性が再認識され、広葉樹の研究がぼつぼつ行なわれるようになってきた。クヌギ、コナラはシイタケ原木として、ミズナラは床板、家具、樽材などとして重要であり、有用広葉樹資源の培養をおろそかにすることはできないと考えている。本研究は、このような観点から広葉樹造林の基礎研究として落葉性コナラ属種子の休眠と発芽について研究したものである。

広葉樹種子の発芽生理に関する研究はあまり多くなく、発芽条件、休眠現象、種子の貯蔵など研究しなければならない問題が沢山あるように思う。筆者は前報⁸⁾においてブナ科の4樹種の種子の発芽特性を研究し、常緑性のカシ・シイ類と落葉性のコナラ類とでは発芽の特性がいちじるしく異なることを報告した。コナラ属の種子には、秋に地上に落下して直ちに発芽(幼根発生)するものと、その年には発芽せず、越冬後翌春発芽するものがある。すなわち、種子の休眠や発芽現象は樹種によってかなり異なり、これらは生理、生態学的にみて興味ある問題のように思われる。コナラ属種子の休眠や発芽については不明な点が多く、今回種子を採集して研究したところ二、三の知見がえられたので報告する。

本研究は昭和53年度文部省科学研究費によって行なわれたものである。付記して感謝の意を表する。

材 料 と 方 法

1. 供試材料

実験に用いた種子はコナラ、ミズナラ、カシワ、ナラガシワ、クヌギ、アベマキの6樹種である。コナラの種子は鳥取市鳥取大学樹木園で、ミズナラの種子は鳥取県日野郡江府町鏡ガ成で、カシワとクヌギの種子は岡山県真庭郡川上村鳥取大学蒜山演習林で、ナラガシワとアベマキの種子は鳥取市丸山で採集した。種子は10月上、中旬に地上に落下したものを拾い集め、1~2昼夜水選して不良種子を除き、優良種子をポリエチレンの袋に入れて密封し、5°Cの冷蔵庫に貯蔵した。

2. 発芽試験

発芽試験は直径12cmのシャーレにろ紙を敷いて蒸留水を加え、これに種子を並べて行なった。1回の試験に20~30粒使用し、2回くり返した。発芽温度は25°Cあるいは30°Cで、暗所で20~30日間発芽させた。コナラ属の種子の発芽は幼根発生後しばらくしてから幼芽(上胚軸)が発生するので、発芽現象を幼根発生と幼芽発生とに分けて試験した。幼根が外部に現われたものを幼根発生とし、さらに幼根の発生したものを10個集めて、内径10cmの500mlビーカーに入れ、湿ったピートモスでおおって発芽させ、幼芽の発生時期および上胚軸の10日間の伸長量を測定した。

3. ジベレリン処理

休眠状態にある種子(11~12月の種子)を用いて、発芽におよぼすジベレリンの影響を調べた。ジベレリンはA₃とA₄₊₇を使用し、種子を10, 100および1,000ppm水溶液に48時間、室温で浸漬処理した。ジベレリンの処理方法として、果皮つきのまま処理する方法と、果皮を全部あるいは一部(基部の殻斗に付着した部分)除去して処理する方法について試験した。ジベレリン処理後ただちに発芽試験を行なったが、一部は5°Cで20~40日間低温湿層処理してから発芽試験を行ない、低温処理に対するジベレリンの効果を調べた。

4. 種子の活力消失試験

クヌギの種子で試験した。保湿低温貯蔵した種子を3月にとりだして紙袋に入れ、25°Cの恒温器内に放置した。5日間隔で25粒ずつとりだし、発芽試験と含水量の測定に用いた。発芽試験は25°C暗所で30日間行なった。種子の含水率は100°Cで24時間乾燥して、生重パーセントを求めた。

結 果

1. 種子の休眠

コナラ属種子の中には、胚の部分によって休眠状態がいちじるしく異なるものがある。コナラ、ミズナラなどの種子は秋に地上に落下してただちに幼根をだすが、上胚軸は低温処理を受けないと休眠状態をつづけ、越冬して翌春になってはじめて生長できるようになる。すなわち、これらの種子の胚の休眠状態は幼根と、上胚軸とで異なり、種子の休眠現象を、幼根休眠(radicle dormancy)と上胚軸休眠(epicotyl dormancy)とに分けて説明することができる。

幼根休眠：コナラ亜属の種子には、秋に地上に落下してただちに幼根が発生するものと、その年には発芽せずに、越冬して翌春発芽するものがある。コナラ、ミズナラ、アベマキは前者に属し、クヌギ、カシワ、ナラガシワは後者に属する。

発芽試験の結果によると(図1)、コナラでは9月中、下旬の樹木に着生した果実は発芽率が低く、10月上旬以後の地上に落下したものは高い発芽率

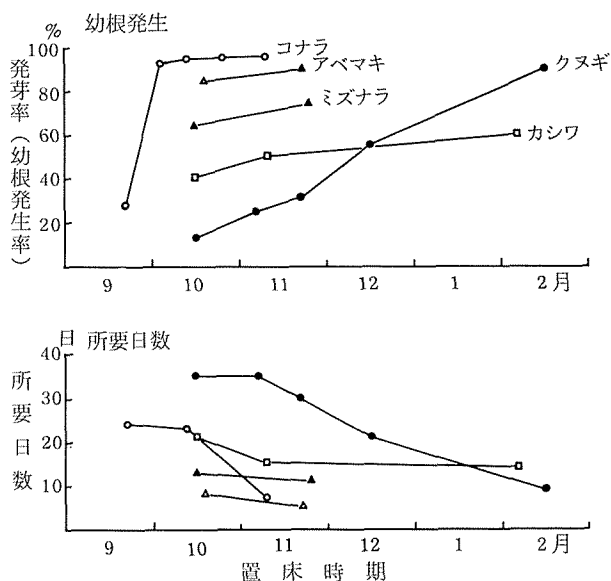


図1 落葉性コナラ属種子における置床時期と幼根発生との関係
発芽温度30°C, 暗所。

を示した。置床してから幼根発生までの所要日数についてみると、9月下旬置床のものは平均24日を要したが、11月上旬置床のものは7日に短縮した。発芽率と所要日数の両方からみて、コナラの種子では11月上旬ごろ幼根の休眠は完全に解除するものと思われる。次にアベマキとミズナラの種子は10月上旬（落下時期）にすでに高い発芽率を示し、また所要日数も短く、短期間に幼根の休眠は解除する。カシワの種子はコナラと同様に11月上旬ごろ幼根休眠が解除するようである。クヌギの種子は10、11月には発芽率が30%以下でいちじるしく低く、また置床から幼根発生までの所要日数も平均35日で、他の樹種に比べて長い。クヌギ種子の発芽率は低温処理の期間が長くなるにしたがって高くなり、また所要日数も短くなった。2月中旬には、発芽率が90%、所要日数が9日となり、幼根の休眠は解除したと考えられる。本実験に用いた5樹種の中では、幼根の休眠はミズナラ・アベマキが最も浅く、次いでコナラ・カシワが浅く、クヌギが最も深いようである。幼根の休眠が完全に解除するのに必要な低温処理の日数はミズナラ・アベマキが15日以内、コナラ・カシワが30～45日、クヌギは120日ぐらいである。

上胚軸休眠：コナラ属種子の発芽形式は地下子葉型発芽(epigeous germination)で、幼根発生後しばらくしてから幼芽が伸長して上胚軸となる。上胚軸休眠の状態は、幼根発生後上胚軸が伸長を開始するまでの日数、すなわち平均開芽日数と上胚軸の10日間の伸長量によって判断した(図2)。

平均開芽日数は各樹種とも置床時期が遅くなるにしたがって短くなった。10～11月の時期には、ミズナラは40日以上、コナラ・カシワは30日以上、ナラガシワは20日以上、クヌギ・

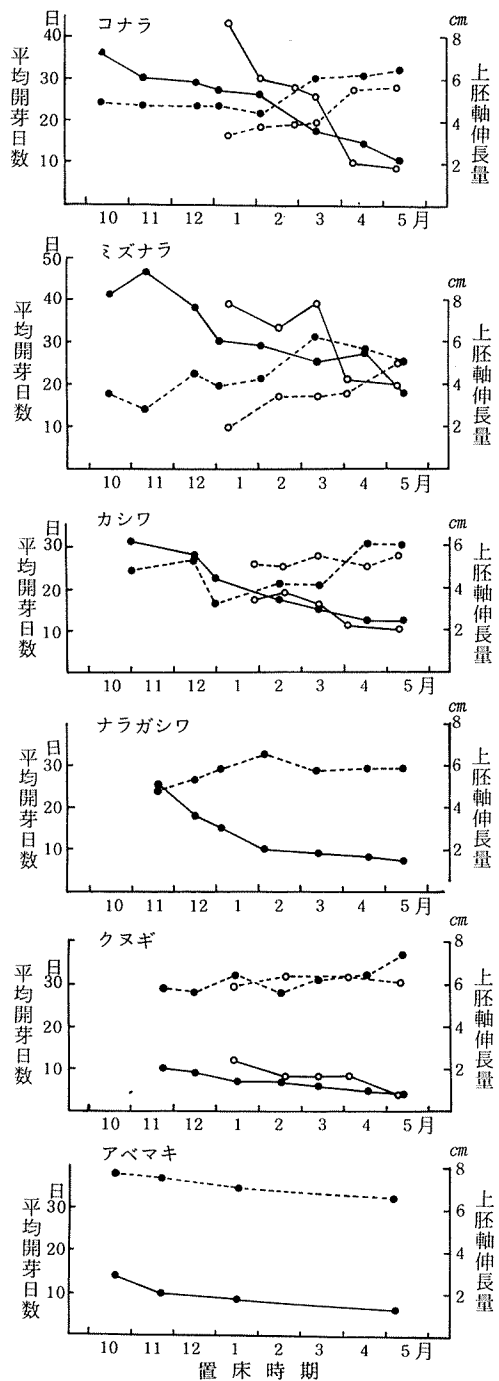


図2 落葉性コナラ属種子における置床時期と上胚軸の発生、伸長との関係
 実線：平均開芽日数（幼根発生から幼芽発生までの日数）。点線：幼芽（上胚軸）伸長量（幼芽発生後10日間の伸長量）。白丸：1978年採取種子。黒丸：1979年採取種子。発芽温度30℃，暗所。

アベマキは10~15日を要したが、4~5月にはミズナラは約20日、コナラ・カシワは約10日、ナラガシワ・クヌギ・アベマキは10日以内に幼芽が発生した。

上胚軸伸長量についてみると、アベマキを除き、置床時期が遅くなるにしたがって伸長量が増加する傾向がみられた。10、11月と比較して、コナラ・ミズナラ・カシワは3月以降に、ナラガシワは2月以降に明らかに伸長量が増加した。クヌギではいちじるしい変化がみられなかったが、置床時期が遅くなるにしたがって上胚軸伸長量は漸次増加した。アベマキは逆に漸次減少しているが、この理由は不明である。

平均開芽日数および上胚軸伸長量の両方から判断して、上胚軸休眠はアベマキが最も浅く、次いでナラガシワが浅く、コナラ・ミズナラ・カシワ・クヌギが深いようであった。アベマキは12~1月に、ナラガシワは2月に、コナラ・ミズナラ・カシワ・クヌギは3~4月に上胚軸休眠が完全に解除すると考えてよい。すなわち、種子が落下してから上胚軸休眠が解除するまで、アベマキは2~3カ月、ナラガシワは4カ月、コナラ・ミズナラ・カシワ・クヌギは5~6カ月を要することになる。

2. 種子の休眠と発芽におよぼすジベレリンの影響

11月上旬の休眠のまだ完全に解除していないコナラとクヌギの種子を用いて、ジベレリンが休眠と発芽にどのような影響をおよぼすか調べた。ジベレリン処理後ただちに発芽試験を行なった結果は図3~5の如くである。

コナラについてみると(図3)、幼根発生率、幼芽発生率はいずれもジベレリン処理によって増加した。ジベレリンはA₃、A₄₊₇いずれも効果があり、またA₃とA₄₊₇とで効力にいちじるしい差はなかった。ジベレリンは低濃度よりも高濃度で効果が大きく、1,000ppm処理が最も有効であった。またジベレリンの効果は処理方法によって異なり、果皮を除去して処理した場合に効果が最もいちじるしかった。クヌギの発芽に対するジベレリンの効果についてみると(図4)、コナラの場合と同様にジベレリン処理によって発芽(幼根の発生および幼芽の発生とも)が促進された。ジベレリンの効果は果皮除去、1,000ppm区で最も顕著であった。果皮の一部除去(基部の剥皮)、GA処理は果皮つき、GA処理よりは効果があったが、果皮全部除去、GA処理におよばなかった。ジベレリンを処理する際には、果皮を全部とり去って処理すると最も効果がある。

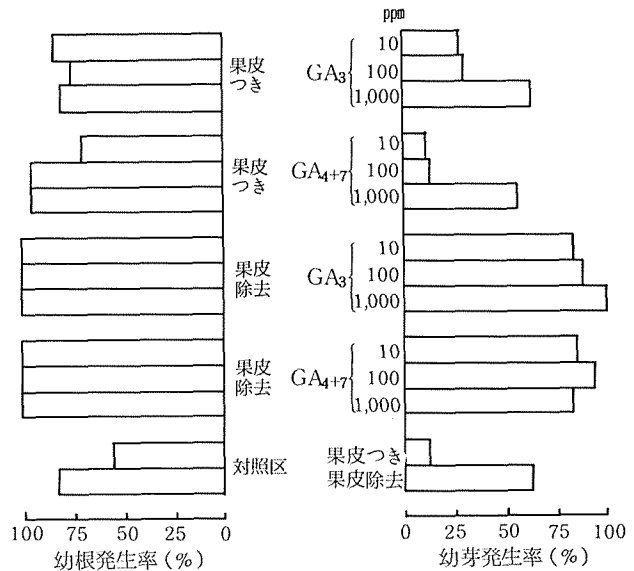


図3 コナラの発芽におよぼすジベレリンの影響
GA処理：室温で48時間、発芽試験：25℃暗所で30日間行う。

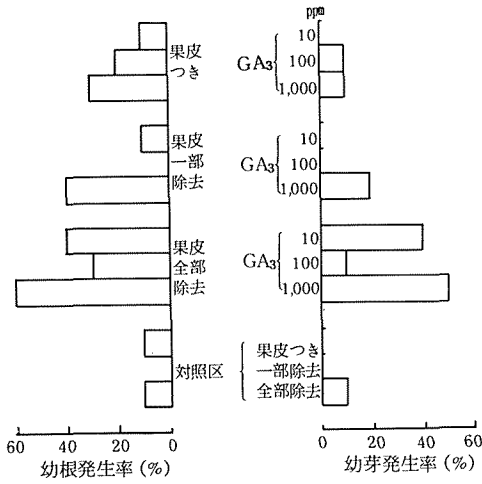


図4 クヌギの発芽におよぼすジベレリンの影響
GA₃処理：室温で48時間，発芽試験：25℃暗所で30日間行う。

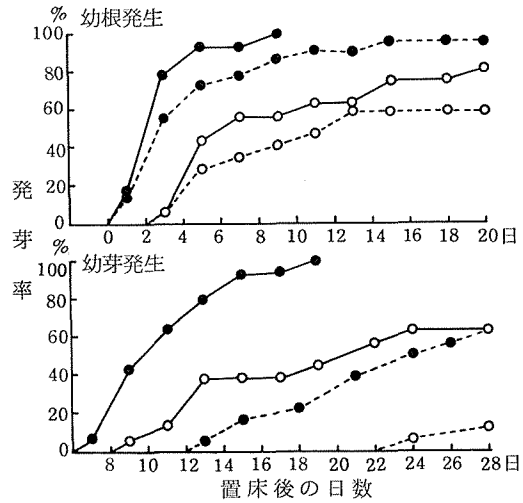


図5 コナラ種子の発芽に対する果皮の有無とジベレリン処理の効果
●—● 果皮除去，GA₃ 1,000 ppm処理，○—○ 果皮つき，GA₃ 1,000 ppm処理，●---● 果皮除去，○---○ 対照（果皮つき，無処理）。

次にコナラ種子について，果皮の有無およびジベレリン処理の場合の発芽の経過をみた（図5）。幼根の発生は果皮除去，GA₃ 1,000 ppm区で最も促進され，次いで果皮除去区で促進された。果皮つき，GA₃ 1,000 ppm区も対照区に比べて発芽が促進されたが，促進の程度はいちじるしくなかった。幼芽の発生は果皮除去，GA₃ 区で最も促進され，次いで果皮つき，GA₃区，果皮除去区の順に促進された。11月にはコナラの種子の休眠はまだ解除していない。とくに幼芽は深い休眠状態にあり，無処理区では10%程度しか開芽しないが，果皮を除去してジベレリンを処理すると100%開芽し，ジベレリンはコナラ属種子の休眠を打破することがわかった。ジベレリンの効果は果皮除去区で最もいちじるしく，果皮がジベ

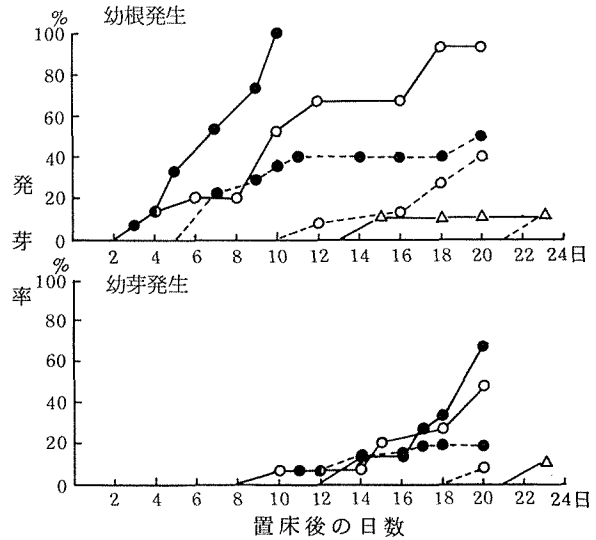


図6 クヌギ種子の発芽におよぼす果皮の影響
11月9日置床：△—△ 果皮除去，△---△ 果皮つき。
1月10日置床：○—○ 果皮除去，○---○ 果皮つき。
1月30日置床：●—● 果皮除去，●---● 果皮つき。

レリンの吸収に影響をおよぼすことが判明した。さらにジベレリンを処理しなくても，果皮を除去するだけで，果皮つきの無処理に比べて発芽が促進され，果皮がコナラ，クヌギの種子の発芽阻害の一つの原因となっていることがわかった（図6）。

3. 低温湿層処理におよぼすジベレリンの影響

コナラ亜属の種子は低温で長期間保湿貯蔵すると、貯蔵中に発芽（幼根発生）することがある。クヌギの種子を12月20日にGA₃ 1,000 ppm水溶液に48時間浸漬処理して5℃で低温湿層処理したところ（表1）、果皮除去、GA処理区では40

表1 低温湿層処理（5℃）中におけるクヌギ種子の発芽（幼根発生）*

処 理 区	20日後	40日後
無 処 理	0%	3.7%
果皮つき、GA処理	0	7.0
果皮除去、GA処理	0	72.4

* 12月20日にGA₃ 1,000 ppm水溶液に48時間処理して低温湿層処理した。

日後に冷蔵庫中で72%が幼根発生した。対照区の発芽率は4%であった。ジベレリン処理後20日間および40日間低温湿層処理した種子の発芽経過は図7～8の如くである。果皮除去、GA処理区では、置床後4日目に100%幼根が発生し、10日目には100%幼芽が発生した。対照区における発芽率は、置床後20日目の幼根発生率が40～50%、幼芽発生率が10～20%であった。果皮つき、GA処理区も対照区に比べて発芽が促進されたが、果皮除去区ほどの効果はみられなかった。クヌギ種子の発芽に対するジベレリンの促進効果は、ジベレリン処理後ただちに発芽試験した場合よりも低温湿層処理してから発芽試験した場合にいちじるしく、ジベレリンは発芽の過程ばかりでなく、低温処理の過程も促進して、休眠の解除を促すことがわかった。

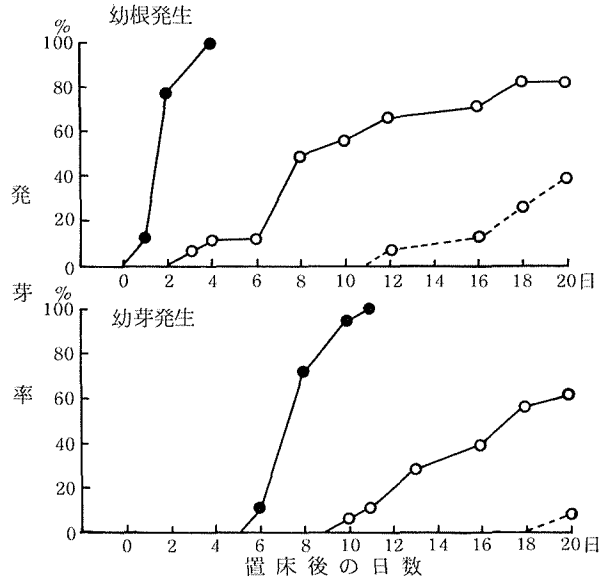


図7 ジベレリン処理後20日間低温湿層処理したクヌギ種子の発芽

- 果皮を取去ってGA₃ 1,000 ppm水溶液に48時間処理して、低温処理したもの。
- 果皮つきのままGA₃ 1,000 ppm水溶液に48時間処理して、低温処理したもの。
- ジベレリン処理をせずに、低温処理したもの。

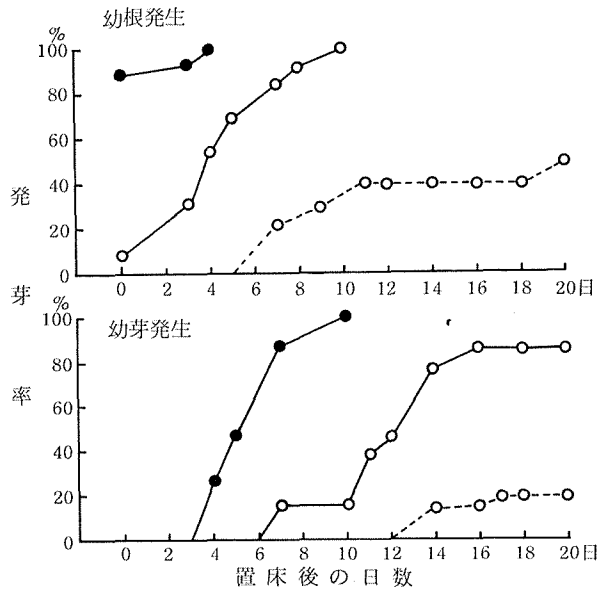


図8 ジベレリン処理後40日間低温湿層処理したクヌギ種子の発芽

- 果皮を取去ってGA₃ 1,000 ppm水溶液に48時間処理して、低温処理したもの。
- 果皮つきのままGA₃ 1,000 ppm水溶液に48時間処理して、低温処理したもの。
- ジベレリン処理をせずに、低温処理したもの。

4. クヌギ種子の含水量と発芽との関係

ブナ科の種子は乾燥すると発芽力が低下するので、とり播きするか湿潤状態で貯蔵しなければならない。クヌギ種子の含水率と発芽率との関係は図9の如くである。クヌギ種子を25℃で乾燥させると、最初の10日間は95%以上の高い発芽率を示したが、15日目ごろから発芽率が急激に低下し、35日後には発芽力がなくなった。種子の含水量を同時に測定したところ、含水率は乾燥日数が長くなるにしたがって低下した。種子が発芽力を失ったときの胚の含水率は生重パーセントで平均16%であった。自然落下時の種子は約50%の水分を含んでいるが、堅果の含水率が30%以下に、また胚の含水率が30~35%以下に低下すると、発芽力が急に衰える。80%の発芽率を維持するためには、堅果の含水率が35%以上、胚の含水率は40%以上でなければならない。

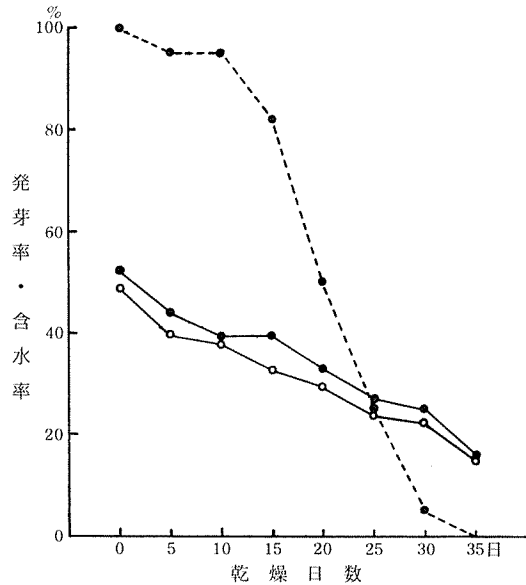


図9 クヌギ種子の含水率と発芽率との関係
(25℃で乾燥させた場合)
●---● 発芽率, ●—● 胚の含水率(生重%),
○—○ 堅果の含水率(生重%)

考 察

コナラ亜属の種子は秋に地上に落下してただちに発芽(幼根発生)するものと、越冬して翌春発芽するものがある。秋に幼根が発生するものでも、幼芽は冬の低温を受けて翌春にならないと伸長しない。すなわち、コナラ亜属の種子の休眠現象は胚の部分によって異なり、幼根休眠と幼芽休眠とに分けて説明する必要がある。Farmer³⁾は *Quercus alba* と *Q. prinus* の上胚軸休眠について研究し、これらの種子は秋に発芽して幼根が伸長するが、上胚軸は部分的あるいは完全な休眠状態にあり、低温処理によって休眠は破れる。種子を16~24℃で発芽させると、開芽するが、上胚軸の伸長は冬の低温を受けて春に生長する正常な植物に比べて劣るという。本研究の結果によると、幼根休眠はミズナラ・アベマキが最も浅く、クヌギが最も深かった。また上胚軸休眠はアベマキが最も浅く、コナラ・ミズナラ・カシワ・クヌギが深かった。休眠打破に必要な低温処理の日数は、幼根休眠についてはミズナラ・アベマキが15日以内、クヌギは4カ月、上胚軸休眠についてはアベマキが2~3カ月、ミズナラ、クヌギなどは5~6カ月を要した。Downs²⁾らのデータによると、5℃層積法に要する時間は *Quercus rubra*, *Q. macrocarpa*, *Q. falcata* では30~45日、*Q. velutina*, *Q. coccinea* では30~60日となっている。コナラ属の休眠現象を取り扱う場合には、幼根休眠と上胚軸休眠とで休眠期間にかなり差があり、この点にとくに注意する必要がある。

ジベレリンはアカマツ⁶⁾、トドマツ⁷⁾、カバノキ¹⁰⁾、ヤシャブシ類¹¹⁾、ブナ⁴⁾など多くの樹種の種子発芽を促進することが報告されている。本研究においても、ジベレリンはコナラ、クヌギに対しては、1,000 ppm液に2、3日浸漬する方法が有効で、処理濃度、方法はアカマツの場合と一致する⁶⁾。Bonnerは広葉樹種子の発芽に対するジベレリンの効果を試験し、GA₃ 100あるいは1,000 ppm液に96時間浸漬処理して、ジベレリンが種子の発芽促進することを認めた。ジベレリンは休眠中のコナラ、クヌギ種子の発芽を促進するけれども、ジベレリン処理後低温湿層処理して発芽させると、いちじるしく発芽が促進された。Vogt¹³⁾の研究によると、*Q. rubra*では50%発芽するのに7週間の低温湿層処理が必要であるが、GA 500 ppm溶液に15時間浸漬処理してから低温処理すると、3週間後に50%発芽した。また*Q. rubra*では、低温湿層処理によってアブシジン酸様物質が減少し、ジベレリン様物質が増加したという¹⁴⁾。ジベレリンはコナラ属種子の発芽過程ばかりでなく、低温湿層処理の過程も促進し、休眠の解除を促進する。

コナラ属の種子は堅果で、堅い果皮に包まれている。クヌギの種子についてみると、休眠初期の種子は果皮をとり除いてもほとんど発芽しない。しかし、休眠過程のやや進行したもの、あるいは低温処理した種子は、果皮を除去して発芽させると、果皮つきのものに比べて発芽がいちじるしく促進される。またジベレリンを処理する際に、果皮を除去して処理すると、ジベレリンの効果が顕著に現われる。クヌギなどの堅果の発芽は胚の休眠の程度と果皮の有無によって異なり、種子休眠の原因は胚の休眠と果皮の不透性の二つが関係しているのではないかと考えられる。

ブナ科の種子は乾燥すると発芽力を失う。本研究の結果によると、クヌギの種子は胚の含水率が約16%に低下すると死滅した。80%の発芽率を維持するためには、堅果の含水率が35%以上、胚の含水率が40%以上でなければならない。Tamari¹²⁾の研究によると、クヌギ種子は含水率35%で発芽力を失う。また80%の発芽水準における含水率は48%であるという。筆者の前報⁸⁾の結果によると、コナラの種子は25℃で乾燥させたとき30日で発芽力を失い、その時の胚の含水率は15~20%であった。また80%の発芽水準における胚の含水率は約40%であった。クヌギ種子の含水量と発芽率との関係はコナラの場合と大体同様である。クヌギ種子は25℃で放置すると、15日目ごろから発芽率が急激に低下するので、長期間放置しないよう注意する必要がある。

摘 要

コナラ亜属6樹種の種子の休眠と発芽について研究し、次の結果をえた。

1. 種子の休眠現象は幼根休眠と上胚軸休眠とに分けられる。幼根休眠はミズナラ・アベマキが最も浅く、次いでコナラ・カシワが浅く、クヌギが最も深かった。種子落下後幼根休眠が完全に解除するまでにミズナラ・アベマキは15日、コナラ・カシワは30~45日、クヌギは120日の低温処理が必要である。
2. 上胚軸休眠はアベマキが最も浅く、次いでナラガシワが浅く、コナラ・ミズナラ・カシワ・クヌギが深かった。上胚軸休眠の完全な解除には、アベマキでは2カ月、ナラガシワでは4カ月、コナラ・ミズナラ・カシワ・クヌギでは5~6カ月の低温処理が必要である。
3. ジベレリンはコナラ、クヌギの種子の発芽を促進した。また低温湿層処理の過程を促進して、休

眠の解除を早めた。ジベレリンの発芽に対する効果は、果皮除去、1,000 ppm処理区で最も顕著であった。休眠の打破には、果皮を除去してジベレリンを処理し、ひき続き低温湿層処理する方法が最も有効であった。

4. クヌギ、コナラの種子の休眠の原因は、胚の休眠と果皮の不透性の二つが関係しているのではないかとと思われる。

5. クヌギの種子は25℃で乾燥させると、35日で発芽力を失った。発芽力がなくなったときの胚の含水率は、生重パーセントで約16%であった。80%の発芽率を維持するためには、堅果の含水率が35%以上、胚の含水率が40%以上を保つ必要がある。

文 献

- 1) Bonner, F. T.: Effects of gibberellin on germination of forest tree seeds with shallow dormancy. Proc. 2nd Internatl. Symp. IUFRO S2. 01. 06, pp. 21~32, 1976
- 2) Downs, R. J. and Hellmers, H. (小西通夫訳): 環境と植物の生長制御. p. 22, 学会出版センター, 1978
- 3) Farmer, R. E. Jr.: Epicotyl dormancy in white and chestnut oaks. For. Sci., **23**: 329~332, 1977
- 4) Frankland, B. and Wareing, P. F.: Hormonal regulation of seed dormancy in hazel (*Corylus avellana* L.) and beech (*Fagus sylvatica* L.). J. Expt. Bot., **17**: 596~611, 1966
- 5) 藤伊 正: 植物の休眠と発芽. pp. 1~33, 東大出版会, 1975
- 6) 郷 正士・土橋平太郎: ジベレリンによるアカマツタネの発芽促進. 日林誌, **40**: 509~511, 1958
- 7) 花房 尚: トドマツ種子の発芽促進. 第16回林業技術研究発表大会論文集, p. 273, 北海道林業改良普及協会, 1967
- 8) 橋詰隼人・相川敏朗: ブナ科4樹種のタネの発芽特性. 鳥大農研報, **30**: 128~133, 1978
- 9) 橋詰隼人・尾崎栄一: クヌギおよびコナラの果実の発達と成熟. 鳥大農研報, **31**: 189~195, 1979
- 10) 永田 洋: 林木の光周性(VI)ウダイカンバ種子発芽における光にかわりうる要因. 77回日林講, pp. 169~170, 1966
- 11) 四手井綱英: ジベレリンの効用. 山林, **898**: 15~19, 1959
- 12) Tamari, C.: Critical moisture content for the survival of *Quercus* acorns. Proc. 2nd Internatl. Symp. IUFRO S2. 01. 06, pp. 155~162, 1976
- 13) Vogt, A. R.: Effect of gibberellic acid on germination and initial seedling growth of northern red oak. For. Sci., **16**: 453~459, 1970
- 14) ————: Physiological importance of changes in endogenous hormones during red oak acorn stratification. For. Sci., **20**: 187~191, 1974