

〈論文〉

広葉樹種子の休眠の解除と冷湿処理による 内生生長物質の変動について

橋詰隼人*

On the Breaking of Dormancy and Changes in Endogenous Growth Substances during
Cold Stratification in Seeds of Broad-leaved Trees

Hayato HASHIZUME*

Summary

Seed dormancy and the role of gibberellin(GA) in the breaking of dormancy were studied using seeds of nine broad-leaved trees. Seeds were stored or treated at 2~5°C in moist conditions. Endogenous growth substances were extracted with 80% cold methanol, separated by paper chromatography, and bioassayed by the dwarf rice 'Tan-ginbozu' assay. The results obtained are summarized as follow:

1. The breaking of seed dormancy in *Fagaceae* species was promoted by cold stratification or GA treatment, especially by the combined treatments of GA and cold stratification. When cold-stratified after soaking seeds in 500ppm GA solution for two days, the dormancy of *Fagus crenata* and *Quercus acutissima* seeds was broken after two months, and *Castanopsis cuspidata* and *Quercus glauca* seeds after 20 days. The breaking of dormancy of *Aesculus turbinata* and *Zelkova serrata* seeds was also promoted by cold stratification.

2. Dormant seeds of *Fagaceae*, *Aesculus* and *Zelkova* species contained growth inhibitors in large quantities. There was also a tendency for growth inhibitors to decrease and for GA-like substances to increase in relation to the breaking of dormancy. In dormant broken seeds, GA-like substances were detected at Rf 0.5~0.7 in seeds of *F. crenata*, *C. cuspidata* and *A. turbinata*, at Rfs 0.2~0.3 and 0.5~0.6 in seeds of *Q. acutissima*, *Q. serrata* and *Q. mongolica* var. *grosseserrata*, at Rf 0.2~0.3 in *Q. glauca* seeds, and at Rf 0.1~0.3 in *Z. serrata* seeds.

I 緒 言

広葉樹の育苗に際して種子の発芽特性を知っていることは重要である。広葉樹の種子は乾燥すると発芽力を失うものがあり、このような種子は低温・湿潤状態で貯蔵するが、貯蔵中に発芽するものや腐敗するものがあり長期間貯蔵することは難しい。また広葉樹の種子の中には休眠が深く、冷湿処理

* 鳥取大学農学部農林総合科学科森林生産学講座: *Department of Forestry Science Faculty of Agriculture, Tottori University*

やジベレリン処理など発芽促進処理を行ってから播種しなければならないものもある。種子の休眠・発芽には内生生長物質が深く関係しており、これらの現象をホルモン生理学的に研究することは種子の貯蔵や発芽促進の方法を改善するために必要である。広葉樹種子の休眠・発芽と内生生長物質との関係については研究が少ないので、ブナ科やトチノキ、ケヤキなどの種子を用いて、特にジベレリンの役割について研究した。なお本研究の一部はすでに学会に発表した^がが⁹⁾、今回その後の研究も含めてとりまとめた。

II 材 料 と 方 法

1. 供試材料

ブナ、クヌギ、アベマキ、コナラ、ミズナラ、ツブラジイ、アラカシ、トチノキ及びケヤキ種子を用いて実験した。これらの種子は鳥取県大山地区、岡山県真庭郡川上村鳥取大学蒜山演習林、鳥取市鳥取大学構内、高知県越知町などの森林で9月から11月の時期に採集した。採集した種子は水選して不良種子を選別し、室内で2～3日風乾してポリ袋に入れ、2～5℃の冷蔵庫で湿潤貯蔵(湿ったのこくずまたは砂と混合して貯蔵する)または乾燥貯蔵(乾いたのこくずと混合して貯蔵する)した。

2. 発芽促進処理及び発芽試験

発芽促進処理として、冷湿処理とジベレリン処理を行った。冷湿処理は、種子を2日間吸水させてからポリ袋に入れ、湿ったのこくずまたは砂と混合するか、湿った脱脂綿でくるんで密封し、2～5℃の冷蔵庫に入れた。ジベレリン処理は、果皮つきあるいは果皮を除去した種子をGA₃の100及び500ppm水溶液に25℃で2日間浸漬処理し、湿ったのこくずと混合してポリ袋に入れて冷湿処理した。

種子の発芽試験は大型シャーレにピートモスあるいはバーミキュライトを入れ、種子を並べて蒸留水を注ぎ、20～25℃の恒温器に入れて4～6週間、連続光の下で発芽させた。

3. ジベレリンの抽出、分離、生物検定

果皮を除いた種子50g(ただしGA処理種子は10～30g)を-20℃で凍結した後乳鉢ですりつぶし、80%メタノールを3回に分けて加え、2℃で24時間抽出した。抽出液をろ別し、減圧下でメタノールを除き、ろ液を1N塩酸でpH2.5に調整し、酢酸エチルで4回振出して酢酸エチル相と水相に分けた。次に酢酸エチル相を飽和炭酸水素ナトリウムで3回振出して、飽和炭酸水素ナトリウム相を分別した。飽和炭酸水素ナトリウム相は1N塩酸でpH2.5に調節し、酢酸エチルで4回振出した。酢酸エチル相を分別し、減圧下で乾固して酢酸エチル可容酸性分画とした。

生長物質の分離はペーパー・クロマトグラフィー法を応用して行った。酸性分画を少量の酢酸エチルにとかし、東洋ろ紙No.50(20×40cm)の一端につけ、一次元上昇法により25℃暗所で約25cm展開した。展開溶液として、イソプロパノール：アンモニア：水(8：1：1, v/v/v)混液を用いた。

ジベレリンの生物検定はイネ検定法を応用して行った。検定植物としてタンギンボウズを用いた。展開したクロマトグラムは展開部分を横に10等分し、各切片を直径3cm、高さ7cmの管びんに入れ、

蒸留水を2 ml加えた。これに発芽直後のイネの芽ばえを7個ずつ植えつけ、ポリエチレンの布で覆い、30°Cの恒温器に入れ、2,500luxの蛍光灯の下で7日間生長させ第2葉鞘の伸長量を測定した。

III 結果と考察

1. 種子の休眠と解除

広葉樹の種子は成熟後地上に落下して直ちに発芽するもの、ある期間休眠状態にあり低温刺激を受けてから発芽するものなどがある。種子の休眠の仕方は樹種によって異なるが、休眠の解除には低温刺激とジベレリン処理が有効である。

(1) ブナ種子

ブナ種子の休眠打破に対する冷湿処理の効果を図1に示した。10月上旬に大山で採取した種子を湿った砂と混合して2~5°Cで貯蔵し、一定時期に取り出して25°Cで発芽試験した。無処理の発芽率は6%であったが、20日冷湿処理では7%、35日処理では29%、90日処理では62%と冷湿処理の期間が長くなるに従って発芽率が向上した。別に11月上旬に大山で採取した種子について同様に処理を行ったところ、60日処理の発芽率は58%であった。ブナ種子は10月に落下するが、地上に落下後3カ月、すなわち翌年の1月頃に自発休眠が解除するようである。

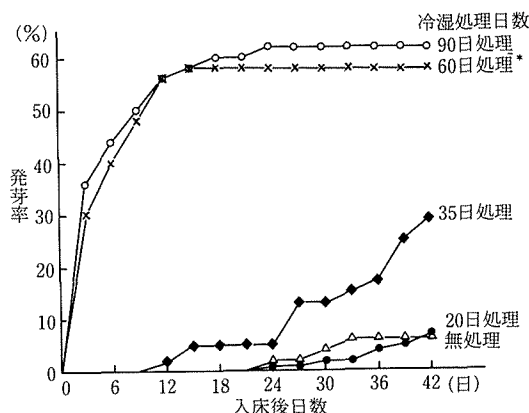


図1 ブナ種子の発芽に対する冷湿処理の効果
*は11月3日に採取した種子、他は10月5日採取の種子

表1 ブナ種子の休眠打破に対するジベレリンと冷湿処理の効果
—20°Cにおける発芽率

ジベレリン 処理区	冷湿処理日数別発芽率(%)			
	0日 (11月13日)	32日 (12月15日)	59日 (1月11日)	73日 (1月25日)
無処理	0	6.7	10.0	23.3
GA100ppm	16.7	6.7	56.7	63.3
GA500ppm	10.0	10.0	70.0	60.0

表2 ブナ種子の休眠打破に対するジベレリンと冷湿処理の効果—5°Cで保湿貯蔵中における発芽率

ジベレリン 処理区	冷湿処理日数別発芽率(%)				
	32日 (12月15日)	58日 (1月10日)	73日 (1月25日)	115日 (3月8日)	153日 (4月15日)
無処理	0	0.5	12.0	49.3	80.0
GA100ppm	0	28.9	58.0	72.0	100.0
GA500ppm	0	24.4	45.8	72.3	100.0

処理区とGA区との間に差はなかった。しかし、59日冷湿処理では無処理区の発芽率10%に対しGA処理区のそれは57~70%で著しく発芽率が増加した。すなわち、ジベレリン処理して低温に置くと約2カ月で休眠が破れる。ブナ種子は休眠が破れると5℃以下の低温でも発芽する。5℃で湿潤貯蔵中における発芽率を調べた(表2)。58日冷湿処理(1月10日)の発芽率は、無処理区0.5%、GA区24~29%であった。73日冷湿処理(1月25日)では無処理区の12%に対しGA区では46~58%の発芽率であった。115日冷湿処理(3月8日)では無処理区49%、GA区72%の発芽率を示した。すなわちジベレリン処理して低温におくと、ブナ種子の休眠は2カ月で破れ、冷蔵庫中で発芽する。

(2) コナラ、クヌギ、ミズナラ種子

コナラ、ミズナラ、アベマキなどの種子は秋に地上に落下してただちに幼根が発生するが、幼芽(上胚軸)はその年には発生せず、越冬して翌春になってから伸長する。クヌギ種子は秋に幼根が発生することはまれで、越冬して翌春幼根と幼芽が発生する。これらの地下子葉型発芽種子の休眠現象は、幼根休眠と上胚軸(幼芽)休眠に分けて考えなければならないことを前に説明した⁷⁾。幼根休眠はコナラ、ミズナラ、アベマキで浅く、クヌギで深い。休眠の解除には低温処理が必要で、ミズナラ、アベマキは15日以内、コナラは30~45日、クヌギは120日の低温処理で幼根休眠が解除する(図2)。幼芽休眠はコナラ、クヌギともに深く、幼芽が伸長するためには5~6カ月の低温処理が必要である。したがって、湿潤状態で冷蔵庫に種子を貯蔵すると、貯蔵中に発根がみられる。コナラ、ミズナラ、アベマキ種子では11月の貯蔵前に大部分が発根しているが、クヌギ種子では翌年の2月下旬頃から発根がみられ、4月には種子の80%以上が発根する。

ジベレリンはブナと同様にコナラ、クヌギ種子の発芽を促進する。ジベレリン処理した種子を冷湿処理すると、休眠の解除が早まり低温で発芽する。GA500ppm水溶液に浸漬処理したクヌギ種子は冷蔵庫中で26日後に57%、58日後に100%幼根の発生がみられた。

(3) ツブラジイ、アラカシ種子

11月下旬に採取した種子を12月5日に冷湿処理した(表3)。ツブラジイでは、無処理の発芽率37%に対し、98日処理の発芽率は52%で、約3カ月

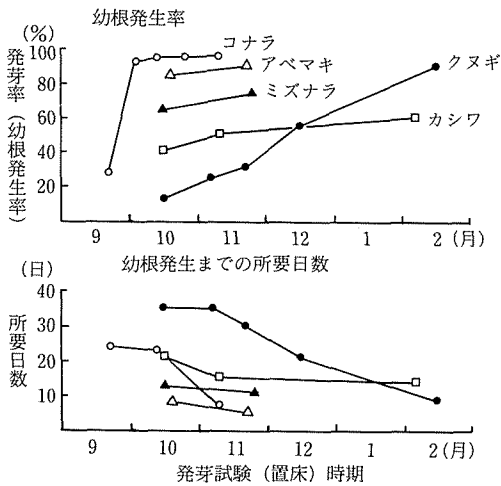


図2 低温湿潤貯蔵したコナラ属種子における時期別発芽状況 (30℃暗所で発芽試験する)

表3 ツブラジイとアラカシ種子の休眠打破に対する冷湿処理の効果

冷湿処理日数	ツブラジイ		アラカシ	
	発芽率 (%)	発芽までの所要日数 (日)	発芽率 (%)	発芽までの所要日数 (日)
0日(12月5日)	37	24	20	27
30日(1月4日)	27	16	47	21
63日(2月6日)	30	13	60	14
98日(3月13日)	52	10	80	12

表4 ツブラジイとアラカシ種子の休眠打破に対するジベレリンと冷湿処理の効果

樹種	処理区	冷湿処理日数別 発芽率 (%)			冷湿処理日数別 発芽までの所要日数		
		20日	40日	70日	20日	40日	70日
		ツブラジイ	無処理	20	30	45	24
	GA500ppm 果皮つき	35	30	25	19	14	11
	GA500ppm 果皮除去	55	50	40	10	10	7
アラカシ	無処理	34	60	60	24	14	15
	GA500ppm 果皮つき	45	50	85	16	15	15
	GA500ppm 果皮除去	100	100	100	7	5	4

備考：12月20日に冷湿処理を開始する。

の冷湿処理で幼根休眠が破れた。アラカシでは無処理の発芽率20%，63日処理の発芽率60%，98日処理の発芽率80%で，2～3カ月の冷湿処理で幼根休眠が破れた。GA500ppm水溶液で処理して冷湿処理すると(表4)，ツブラジイ，アラカシとも20日間の冷湿処理で休眠が破れ発芽率が著しく増加した。ジベレリンの効果は果皮を除去して処理したとき顕著であった。

(4) トチノキ，ケヤキ種子

トチノキの種子は9月下旬に採取し直ちにポリ袋に入れて湿潤貯蔵した。10月3日試験の発芽率は70%，11月22日試験の発芽率は80%で，種子の休眠は浅かった(表5)。しかし，発芽までの所要日数は冷湿処理の期間が長くなるに従って短縮された。発芽率及び発芽までの所要日数の両方から判断して，約3カ月の冷湿処理で幼根休眠が完全に解除すると考えられる。休眠が解除するとトチノキも5°Cの冷蔵庫中で発芽(発根)する。

ケヤキ種子は10月下旬に採取し，水選後風乾して乾燥貯蔵した。11月15日に冷湿処理を開始した。30日処理の発芽率は56%，55日処理の発芽率は90%で，2カ月の冷湿処理で休眠が破れた(表6)。GA処理区では30日冷湿処理の発芽率は60～72%，55日冷湿処理の発芽率は86～98%でジベレリン処理によって少し発芽率が高くなった。ケヤキも休眠が破れると5°C冷蔵庫中で発芽する。54日冷湿

表5 トチノキの低温湿潤貯蔵種子における時期別発芽率

発芽試験開始日	発芽率 (%)	発芽までの所要日数 (日)
10月3日	70	17.1
11月22日	80	8.4
1月7日	90	4.9
2月4日	100	3.6

備考：9月下旬に採取した種子。

表6 ケヤキ種子の休眠打破に対するジベレリンと冷湿処理の効果

ジベレリン 処理区	25°Cにおける発芽率 (%)			5°Cで保湿貯蔵中における発芽率(%)		
	冷湿処理の日数			冷湿処理の日数		
	0日 (11月15日)	30日 (12月15日)	55日 (1月11日)	54日 (1月10日)	112日 (3月8日)	150日 (4月15日)
無処理	0	56	90	33	57	85
GA100ppm	2	60	98	31	74	84
GA500ppm	10	72	86	41	63	75

処理の 5°Cにおける発芽率は無処理区33%，GA処理区31～41%で大差がなかった。しかし，112日冷湿処理の発芽率は無処理区57%，GA処理区63～74%でジベレリン処理によりやや発芽が促進された。

2. 低温貯蔵中におけるジベレリン様物質の変動

(1) ブナ種子

ブナ種子の低温貯蔵中におけるジベレリン様物質及び抑制物質の変動を図3に示した。10月5日に採取した種子を10月15日に冷湿処理した。処理開始時（10月5日）にはジベレリン様物質は認められず，生長抑制物質が多量に検出された。11月15日（30日後）にもまだジベレリン様物質は認められない。処理開始後60日目になるとRf0.5～0.7に促進物質が認められたが，抑制物質も多く存在していた。この時期の種子はまだ発芽率は低い。1月30日（107日後）には抑制物質は減少し，Rf0.5～0.7の促進物質が著しく増加した。この促進帯はGA₃とRf値が一致するのでジベレリンの一種と思われる。種子の発芽率は70%程度である。2月8日に冷湿処理を開始した種子では，30日後の3月10日の発芽率は50%で，この時期には抑制物質はほとんど消失し，Rf0.5～0.6の促進物質が増加した。4月13日（65日後）にはRf0.5～0.6の促進物質が著しく増加した。この時の種子の発芽率は80%であった。他方乾燥貯蔵種子ではジベレリン様物質は認められなかった。以上の結果から，ブナ種子では休眠の解除にともなって抑制物質が減少し，ジベレリン様物質が増加することがわかった。

(2) クヌギ，コナラ，ミズナラ種子

クヌギ種子の低温貯蔵中におけるジベレリン様物質の変動を図4に示した。ジベレリン様物質の活性は11月8日の貯蔵前の種子では著しく低かったが，低温湿潤貯蔵すると急速に増加した。12月4日（26日後）の種子ではRf0.5～0.6の活性が著しく増加し，1月5日（58日後）には更にRf0.2～0.3の活性が増加した。ジベレリン様物質の活性は貯蔵期間が長くなるに従って高くなり，4月19日に最大になった。低温乾燥貯蔵種子（種子の含水率は40～50%）でも，湿潤貯蔵種子と同様に貯蔵中に2種類のジベレリン様物質が検出されたが，活性はやや低いようであった。アベマキの湿潤貯蔵種子ではRf0.5～0.7にジベレリン様活性が検出された。クヌギの種子は休眠

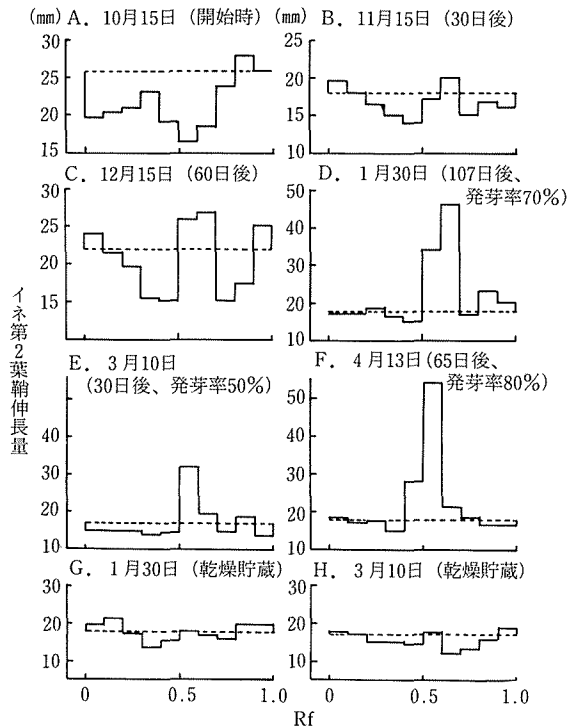


図3 ブナ種子の低温貯蔵中におけるジベレリン様物質及び抑制物質の変動

A～D：10月15日に湿潤貯蔵した種子，E～F：2月8日に湿潤貯蔵した種子，G～H：乾燥貯蔵種子。

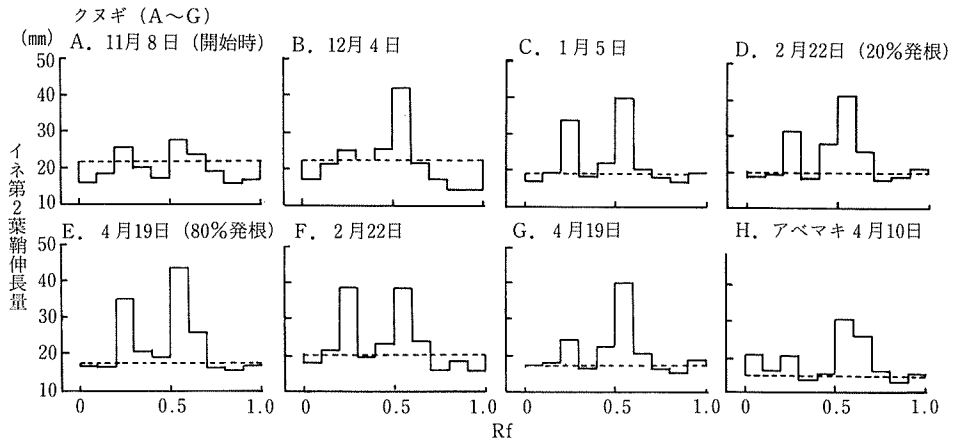


図4 クヌギ種子の低温貯蔵中におけるジベレリン様物質の変動
 A～E：低温湿潤貯蔵種子，F～G：低温乾燥貯蔵種子，
 H：アベマキの低温湿潤貯蔵種子。

が破れると5℃の冷蔵庫中で発芽する。冷蔵庫中における発芽(発根)率は、2月22日に20%、4月19日に80%であった。

乾燥貯蔵の場合は、貯蔵袋の中に乾いたのこくずを入れているので種子は冷蔵庫中で発芽しなかった。クヌギ、コナラなどの種子は極端に乾燥すると死滅するが、今回の乾燥貯蔵法では種子の含水率は40～50%に保たれており、湿潤貯蔵の場合と同様に低温によってジベレリンの生産が促進されたと

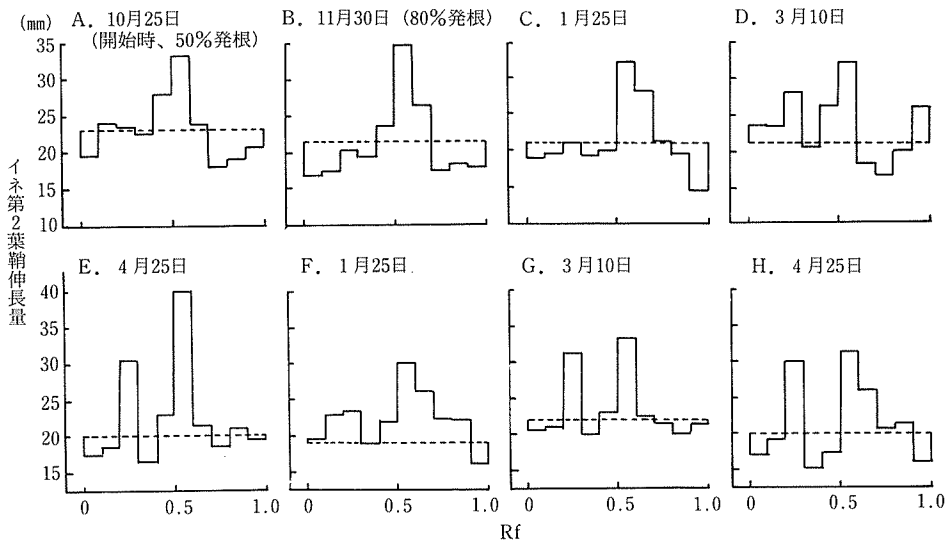


図5 コナラ種子の低温貯蔵中におけるジベレリン様物の変動
 A～E：低温湿潤貯蔵種子，F～H：低温乾燥貯蔵種子。

考えられる。

次にコナラ種子の低温貯蔵中におけるジベレリン様物質の変動についてみると (図5), 10月25日の地上に落下後間もない種子では $Rf0.5 \sim 0.6$ に強い活性がみられた。この時期にコナラ種子はすでに50%発根している。3月10日の種子では $Rf0.2 \sim 0.3$ と $0.5 \sim 0.6$ に活性がみられ、4月25日の種子ではこの二つの活性が著しく増加した。低温乾燥貯蔵種子でも、湿潤貯蔵種子と同様に2種類のジベレリン様物質が検出され、活性は4月に最大になった。

ミズナラ種子におけるジベレリン様物質の変動についてみると (図6), 10月30日の未発

芽種子ではジベレリン様物質の活性は低く、生長抑制物質が多く認められた。11月30日の種子では $Rf0.5 \sim 0.6$ に顕著なジベレリン様物質が検出された。2月4日の種子では $Rf0.5 \sim 0.6$ のジベレリン様物質の外に $Rf0.2 \sim 0.3$ に弱いジベレリン様活性が検出された。他方抑制物質はほとんどみられなかった。

クヌギ、コナラ、ミズナラいずれの種子においてもジベレリン様物質は二つ存在する。 $Rf0.5 \sim 0.6$ の物質は種子落下後比較的早い時期に現れるが、 $Rf0.2 \sim 0.3$ の物質は年を越して1月以降になってから検出される。この二つの物質の休眠解除に対する役割は明らかでないが、 $Rf0.5 \sim 0.6$ の物質は幼根の休眠が破れる時期に増加し、 $Rf0.2 \sim 0.3$ の物質は幼芽の休眠が破れる頃に出現する。前者は幼根の

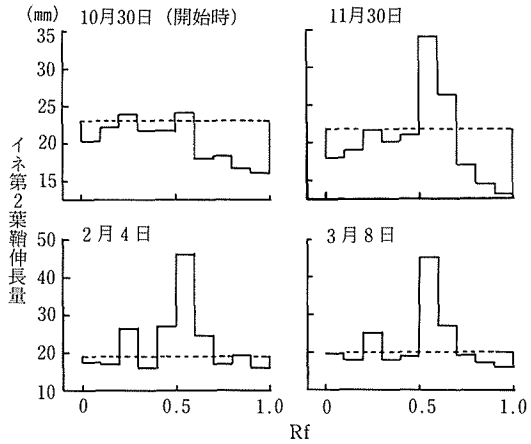


図6 ミズナラ種子の低温湿潤貯蔵中におけるジベレリン様物質及び抑制物質の変動

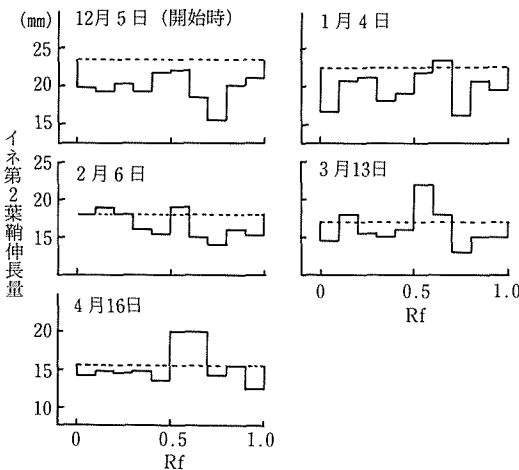


図7 ツブラジイ種子の低温湿潤貯蔵中におけるジベレリン様物質及び抑制物質の変動

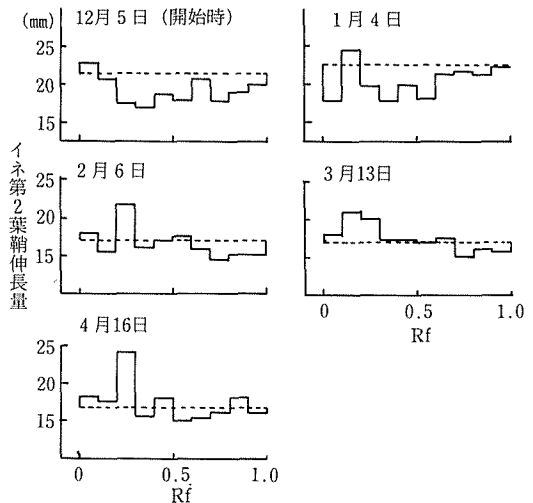


図8 アラカシ種子の低温湿潤貯蔵中におけるジベレリン様物質及び抑制物質の変動

休眠解除と、後者は幼芽の休眠解除と深いかわりを持っているのではないと思われる。

(3) ツブラジイ、アラカシ種子

ツブラジイ種子についてみると(図7), 12月5日の貯蔵開始時の種子にはジベレリン様物質は存在せず, 生長抑制物質が多く認められた。ジベレリン様物質は3月13日(貯蔵後98日目)の種子で1種類(Rf0.5~0.6) 検出された。この物質は4月16日には更に増加し, 同時に抑制物質は減少した。ツブラジイの種子は3カ月の冷湿処理で休眠が破れる(表3)。ジベレリン様物質の出現時期と休眠解除の時期は一致する。

アラカシ種子についてみると(図8), 12月5日の貯蔵開始時にはやはりジベレリン様物質は存在せず, 生長抑制物質が多く認められた。ジベレリン様物質は2月6日(貯蔵後63日目)頃から増加し, 4月16日には一層増加した。アラカシ種子のジベレリン様物質はRf0.2~0.3で検出され, ツブラジイとは異なる物質であった。冷湿処理した種子の発芽率は処理後60日頃から増加し(表3), 内生ジベレリンの増加期と一致した。

(4) トチノキ、ケヤキ種子

トチノキ種子では, ジベレリン様物質はRf0.5~0.7で検出された(図9, 10) 1982年産種子は9月下旬に採取し直ちに湿潤貯蔵した。ジベレリン様物質は10月にかかなり多く含まれており, 12月から1月にかけて更に増加した(図8)。1983年産種子は採取後やや乾燥状態で貯蔵し, 1月7日に湿潤貯蔵した。ジベレリン様物質は1月には少なく, 2月以降に増加した(図9)。トチノキの種子は休眠が浅く, 10月に70%程度の発芽率を示している(表5)。種子の発芽率と内生ジベレリンの変動は一致する。

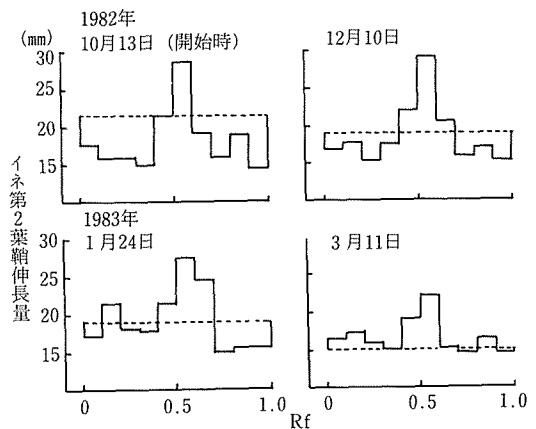


図9 トチノキ種子の低温湿潤貯蔵中におけるジベレリン様物質の変動(1982年産種子)

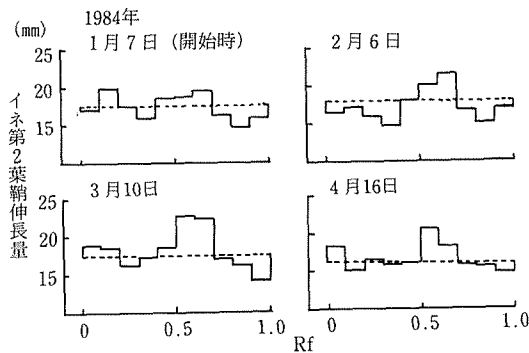


図10 トチノキ種子の低温湿潤貯蔵中におけるジベレリン様物質の変動(1983年産種子)

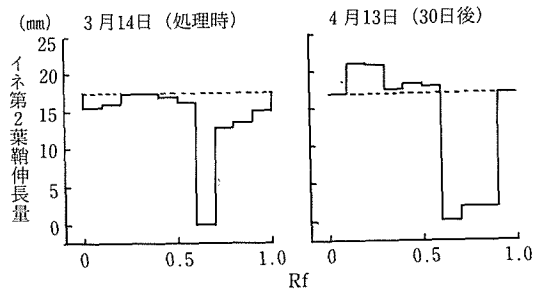


図11 ケヤキ種子の冷湿処理によるジベレリン様物質及び抑制物質の変動

ケヤキの乾燥種子には生長抑制物質が多く、ジベレリン様物質はみられなかった(図11)。1カ月冷湿処理した種子ではRf0.1~0.3にジベレリン様物質が検出されたが活性は低かった。ケヤキ種子の休眠は2カ月の冷湿処理で破れるが、外与のジベレリンの効果はあまりみられない。生長抑制物質が非常に多いのでその影響によるのかも知れない。

3. 考 察

ブナ科やトチノキなど大粒種子は乾燥すると発芽力を失うものが多い。従って湿潤状態で貯蔵するが、低温で貯蔵しても水分状態が適当であれば休眠が破れて発芽するものも多く、長期間貯蔵することは難しい。長期間貯蔵するためには休眠を破らない方法を開発することが必要になる。コナラ属の種子の休眠現象については前報⁷⁾ですでに報告したが、地下子葉型発芽形式をとるものでは幼根の発生時期と幼芽の発生時期が異なるものがあり⁷⁾、種子の休眠現象を幼根休眠と幼芽休眠に分けて説明する必要がある。コナラやミズナラの種子は秋に地上に落下して直ちに幼根が発生するが、幼芽は翌春にならなければ伸長しない。温帯に分布する樹種は冬の低温を受けて休眠が解除する。低温に対する要求度は樹種によって、また胚の部分によって著しく異なるといえる。本研究の結果によると、ミズナラ・アベマキ種子は15日以内の低温処理で幼根の休眠が破れるが、幼芽の休眠打破には2カ月以上の低温処理が必要である。またクヌギ・ツブラジイ・アラカシ・ブナなどの種子の休眠解除には3カ月以上の低温処理が必要である。ツブラジイ・アラカシは暖温帯に分布し、ブナは冷温帯に分布するが、いずれの樹種も種子の休眠期間は長く、冬の低温に適応する仕組みができています。

外与のジベレリンはアカマツ⁵⁾、トドマツ⁶⁾、カバノキ¹²⁾、ミズメ⁹⁾、ヤシャブシ類¹³⁾、クヌギ⁷⁾、コナラ⁷⁾など多くの種子の発芽を促進する。またジベレリン処理して低温処理すると種子の休眠の解除が早まるのがコナラ、クヌギ、カバノキなどで報告されている^{2,8,10)}。Vogt¹⁴⁾の研究によると*Q. rubra*では50%発芽するのに7週間の冷湿処理が必要であるが、GA500ppm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。本研究の結果によると、ブナ、クヌギ、アラカシ、ツブラジイなど多くの種子ではジベレリン処理と冷湿処理の組合わせ処理によって休眠の解除が著しく促進された。これらのことからジベレリンは種子の休眠の解除及び発芽に対し重要な役割を演じていることが想像される。ジベレリンの生理作用としては、 α -アミラーゼ、プロテアーゼなど酵素活性を高めること、RNAの合成に関与することなどが知られている³⁾。

冷湿処理は種子の休眠解除を促進する。また前述のとおり外与のジベレリンは休眠の解除を促進するので、冷湿処理したとき種子内の生長物質がどのように変動するか調べることは重要である。Vogt¹⁴⁾はnorthern red oakで種子の休眠と内性ホルモンとの関係を研究し、冷湿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すること、そして種子の休眠は胚に含まれるアブシジン酸様物質によることを報告している。Franklinら¹²⁾によると、ヨーロッパハシバミの休眠種子にはジベレリン様物質は存在しないが、0~5°Cで湿潤貯蔵すると6週間後にジベレリン様物質が増加した。ヨーロッパブナでは休眠種子、発芽種子のいずれにもジベレリン様物質が存在し、冷湿処理による差は明らかでなかった。Webbら¹⁵⁾によると、サトウカエデの種子では冷湿処理して20日後にブタノール可溶性サイトカイニンが著しく増加し、また40日後に酸性ジベレリン様物質が増加した。アブシジン酸

は未処理種子に多量に含まれていたが、冷湿処理によって急激に減少した。Martinら¹¹⁾によると、0°Cで冷湿処理したセイヨウグルミの核果ではサイトカイニンもジベレリンも検出されなかったが、アブシジン酸と思われる抑制物質が減少した。Gianfagnaら⁴⁾はモモで研究し、5°Cで28日間培養した種子ではジベレリン様活性は低かったが、35日あるいは45日培養するとジベレリン活性が増加することを報告している。本研究の結果によると、ブナ、クヌギ、コナラ、ミズナラ、ツブラジイ、アラカシ、トチノキなど多くの種子で冷湿処理によってジベレリン様物質が増加し、生長抑制物質が減少した。そしてジベレリン様物質が出現する時期と種子の休眠が解除する時期は一致する傾向がみられた。アブシジン酸とジベレリンの関係については作用機作がまだはっきりしていないが、藤伊³⁾によると、アブシジン酸は休眠の誘導に、またジベレリンは休眠の解除に深くかかわっており、休眠の解除は低温処理などによっておこるアブシジン酸の濃度の減少によるものではなく、ジベレリン濃度の増加がその原因であるとしている。冷湿処理によって休眠の解除したケヤキ種子にはアブシジン酸が多量に含まれており、アブシジン酸の増減のみで休眠現象をうまく説明することができない。

IV 摘 要

ブナ、クヌギ、コナラ、ミズナラ、ツブラジイ、アラカシ、トチノキ、ケヤキなど有用広葉樹の種子の休眠現象と休眠の解除に対するジベレリンの役割について研究した。本研究の結果を要約すると次のとおりである。

1. 種子の休眠の解除には冷湿処理あるいはジベレリン処理が有効であったが、とくにジベレリン処理して冷湿処理すると休眠の解除が一層促進された。ジベレリン処理は500ppmの水溶液に2日程度浸漬処理する方法がよかった。

2. ブナ種子は10月に冷湿処理すると3カ月に休眠が破れたが、100~500ppmのジベレリン水溶液に浸漬処理して冷湿処理すると2カ月に休眠が破れた。休眠が破れた種子は5°C以下の低温で発芽した。

3. 地下子葉型発芽種子では幼根の発生と幼芽の発生に対する低温要求度が違っていた。幼根の休眠解除には、ミズナラ、アベマキでは15日以内、コナラでは30~45日、クヌギでは5~6カ月の冷湿処理が必要であった。幼芽の休眠解除にはコナラ、ミズナラ、クヌギでは5~6カ月の冷湿処理が必要であった。ジベレリンはコナラ、クヌギの休眠の解除を促進した。500ppmのジベレリン水溶液に浸漬処理して冷湿処理すると、クヌギ種子は約2カ月に休眠が破れ、冷蔵庫中で発芽(幼根発生)した。

4. ツブラジイ、アラカシ種子では、約3カ月の冷湿処理で幼根休眠が破れたが、果皮を除去して500ppmのジベレリン水溶液に浸漬処理した種子を冷湿処理すると、20日で休眠が破れた。

5. トチノキ種子は約3カ月の冷湿処理で幼根休眠が破れた。休眠の破れた種子は冷蔵庫中で発芽した。

6. ケヤキ種子は2カ月の冷湿処理で休眠が破れた。ジベレリンと冷湿処理の組合わせ処理の効果は顕著でなかった。休眠の破れた種子は冷蔵庫中で発芽した。

7. 休眠種子及び低温貯蔵中の種子の内生生長物質を分析した結果、ブナ科、トチノキ、ケヤキなどの休眠種子にはジベレリン様物質は検出されず、生長抑制物質が多く検出された。そして休眠の解除にともなって生長抑制物質が減少し、ジベレリン様物質が著しく増加する傾向がみられた。

8. ブナの休眠種子には生長抑制物質が多く含まれており、ジベレリン様物質は検出されなかった。冷湿処理した種子では、1種類の顕著なジベレリン様物質 (Rf0.5~0.7) が検出された。この物質は冷湿処理開始から2~3カ月後の種子の休眠が解除する頃に著しく増加した。またこの時期には生長抑制物質が減少した。クヌギ、コナラ、ミズナラの低温貯蔵種子では、2種類のジベレリン様物質 (Rf0.2~0.3と0.5~0.6) が検出された。Rf0.5~0.6の物質は活性が高く、幼根の休眠が破れる時期に増加した。Rf0.2~0.3の物質は活性が低かったが、幼芽の休眠が破れる頃に出現した。前者は幼根の休眠解除と、後者は幼芽の休眠解除と関係があるのではないかと思われる。

9. ツブラジイ種子ではRf0.5~0.6に、またアラカシ種子ではRf0.2~0.3にジベレリン様物質が検出された。この物質は幼根の休眠が破れる時期に増加した。他方生長抑制物質は休眠の解除にともなって減少した。

10. トチノキ種子では、冷湿処理後短期間に1種類のジベレリン様物質 (Rf0.5~0.7) が検出された。この物質は冷湿処理期間が長くなると更に増加した。ケヤキ種子では、冷湿処理1カ月後に1種類のジベレリン様物質 (Rf0.1~0.3) が検出された。またケヤキ種子には生長抑制物質 (Rf0.6~0.9) が多量に含まれていた。

文 献

- 1) Frankland, B. and Wareing, P. F. : Change in endogenous gibberellins in related to chilling of dormant seeds. *Nature*, **194**, 313~314 (1962)
- 2) 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)
- 3) 藤伊 正 : 植物の休眠と発芽. 東大出版会, pp. 1~33 (1975)
- 4) Gianfagna, T. J., and Rachmiel, S. : Changes in gibberelin-like substances of peach seed during stratification. *Physiol. Plant.*, **66**, 154~158 (1986)
- 5) 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)
- 6) 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会大会論文集, 北海道林業改良普及協会, p. 273 (1967)
- 7) 橋詰隼人 : 落葉性コナラ属種子の休眠と発芽に関する研究. 広葉樹研究, **1**, 49~58 (1980)
- 8) 橋詰隼人・若宮和泉 : クヌギ, コナラ種子の低温貯蔵中における休眠の解除とジベレリン様物質の消長との関係. 日林関西支講, **34**, 75~78 (1983)
- 9) 橋詰隼人 : 法面緑化用木本・草本種子の発芽特性. 広葉樹研究, **4**, 75~83 (1987)
- 10) Junttila, O. : Effects of stratification, gibberellic acid and germination temperature on the germination of *Betula nana*. *Physiol. Plant.*, **23**, 425~433 (1970)
- 11) Martin, G. C. et al : Changes in endogenous growth substances in the embryos of *Juglance regia* during stratification. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **94**, 13~17 (1969)
- 12) 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)

- 13) 四手井綱英：ジベレリンの効用。山林, 898, 15~19 (1959)
- 14) Vogt, A. R. : Physiological importance of changes in endogenous hormones during red oak acorn stratification. *For. Sci.*, 20, 187~191 (1974)
- 15) Webb, D. P., Staden, J. V. and Wareing, P. F. : Seed dormancy in *Acer*. *J. Expt. Bot.*, 24, 105~116 (1973)