落葉広葉樹 13 種の種子発芽に対する湿層処理の効果

益田 光¹⁾・武井理臣¹⁾・橘 隆一^{*1)}・福永健司¹⁾

1) 東京農業大学地域環境科学部 Fac. of Regional Environment Science, Tokyo Univ. of Agriculture

摘要: 長期に低温密封貯蔵した種子は種子含水率の低下によって休眠が深くなっているため播種前に休眠打破をすることが望まれる。本研究では、落葉広葉樹 13 種を用いて冷温湿層処理および暖温湿層処理と冷温湿層処理の組み合わせ処理を行い休眠打破に必要な処理期間や処理温度を調べた。冷温湿層処理に対する反応は樹種によって異なったが、概ね 3 ヶ月間以上の処理期間で休眠打破された。冷温湿層処理と暖温湿層処理を施した 5 種は 20.0 %以上の最終発芽率を示さなかった。暖温湿層処理と冷温湿層処理を組み合わせると冷温湿層処理のみでは発芽しなかったマユミとガマズミが発芽したが、冷温湿層処理のみで発芽がみられた樹種の最終発芽率は低下した。

キーワード: 樹木種子, 種子発芽, 冷温湿層処理, 暖温湿層処理

MASUDA, Ko, TAKEI, Masaomi, TACHIBANA, Ryuichi and FUKUNAGA, Kenji: **Effect of stratification on the germination of thirteen deciduous broad-leaved tree seed.**

Abstract: Breaking seed dormancy during long-term cold storage before seeding is necessary because this could intensify dormancy because of the decreased moisture content. In this study, we investigated the effect of the temperature and duration of cold and the combination of warm and cold stratification on the germination of thirteen deciduous broad-leaved tree seeds. Seed dormancy was broken by cold stratification for about more than three months. The final percentage of germination of five species that were subjected to warm and cold stratification was less than 20.0 %. *Euonymus sieboldianus* and *Viburnum dilatatum* seeds, which did not germinate after cold stratification alone, were germinated after being subjected to a combination of warm and cold stratification; however, the final percentage of seed germination for the species subjected solely to cold stratification was low.

Key words: tree seeds, seed germination, cold stratification, warm stratification

1. はじめに

自然回復緑化では従来から利用されてきた外来緑化植物ではなく、施工地周辺から採取した種子や地域性種苗を用いることが望まれている^{8,12)}。しかし、樹木種子を産業的に利用するための十分な供給体制は未だ整っていない⁸⁾。要因として、種子の発芽特性に関する情報の不足が挙げられる。樹木類に限らず、植物種子の多くは発芽に不適な時期を乗り切るために休眠性を有している。このような特性は古くから知られ、樹木種子を利用するためには採種後すみやかに取り播くか、あるいは種子表面が乾くまで風乾処理にかけて種子含水率をある程度まで低下させてから冷蔵庫に貯蔵する方法（以下、低温密封貯蔵）が一般的である¹⁸⁾。取り播きした種子は翌春または翌々春に発芽する場合が多い^{8,19)}。しかし、低温密封貯蔵した種子は種子含水率の低下によって休眠がさらに深くなっているため、そのまま播種しても発芽しにくい。低温密封貯蔵した樹木種子を利用するためには播種前に休眠を打破する何らかの処理を施さなければならないこともある。

その有効な手段の 1 つに湿層処理 (stratification) があ

る。湿層処理は自然界で起きている冬季および夏季湿润環境を擬似的に種子に経験させて休眠打破を行う方法¹³⁾である。湿層処理は主に冷温湿層処理 (cold stratification) と暖温湿層処理 (warm stratification) の 2 種類がある²⁾。冷温湿層処理は湿らせた脱脂綿や砂で種子を包み、数ヶ月間を 0~5℃の冷蔵庫内で保管する方法である^{9,13)}。暖温湿層処理は冷温湿層処理ほど一般的ではないが、冷温湿層処理を施す前に 15~35℃程度の暖温湿润状態で一定期間保管することで冷温湿層処理期間を短縮できると報告されている⁹⁾。どちらの方法もジベレリン酸処理や濃硫酸処理のような即効性はないが、ある程度一定の庫内温度を保持できる設備さえあれば誰でも容易にできる休眠打破法である。

樹木種子に対する湿層処理の有効性はすでにいくつかの樹種で確認されている^{1,3,4,5,14,17)}。しかし、これらの研究では実用性の点から供試種子の最終発芽率を高めることに重点が置かれており、湿層処理と他の休眠打破法と複雑に組み合わせた処理を行っている例が多く、湿層処理のみの効果に着目した研究例は少ない。また、植物の発芽条件や種苗の成長様式には、種子特性が強く関与している¹⁵⁾。

そこで本研究では、種子特性の異なる 13 種の樹木種子に

* 連絡先著者 (Corresponding author) : 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1 E-mail : r3tachib@nodai.ac.jp

ついて、それぞれの休眠打破に必要な冷温湿層処理期間を調べるために、異なる処理期間ごとの最終発芽率と平均発芽日数を比較した。また、このうち 5 種に対しては、異なる温度及び期間の暖温湿層処理と冷温湿層処理を組み合わせで最終発芽率を比較した。最後に、供試種子の種子特性と湿層処理に対する反応との関係を明らかにするために、冷温湿層処理後の最終発芽率の結果を種子特性ごとに整理して考察した。なお、本論文において種子特性とは、特に種子の散布形式やサイズを指す。

2. 材料と方法

2.1 供試種子

2015 年 6～10 月にかけて東海～東北地方の各地で約 100 種の樹木から種子を採取した。採取後は樹種ごとに精選処理を施した。精選処理を正常に行えた樹種の中から、さらに発芽する見込みのある落葉広葉樹 13 種を選定した (表-1)。一般的には湿層処理を施す必要のない樹種から休眠の深い樹種まで、主に種子サイズが異なるように選定した。クロモジ、オオシマザクラ、ナナカマド、マユミ、ケアオダモの 5 種は湿層処理に対する反応を調査した例^{1,3,4,5)}があり、本研究の結果と比較して考察できると考えた。サイカチ、ウワミズザクラ、オオウラジロノキ、コジキイチゴ、ツノハシバミ、ノリウツギ、ガマズミ、タニウツギの 8 種は湿層処理に対する反応について議論されたことはほとんどないため今回選定した。

クロモジやオオシマザクラなどの核果や液果は、果肉や仮種皮を除去した後に数日の浸水処理を行った。その後、吸水紙の上に種子を広げて種子の表面が乾く程度に風乾処理を施した。1 週間程度の浸水処理を施した後に新聞紙の上に種子を広げて風乾処理を施した。サイカチ、ノリウツギ、タニウツギは風乾処理をして裂開した莢や蒴果から種子を取り出した。ツノハシバミは果苞から取り出した種子を浸水処理

にかけ、水面に浮いてきた未熟果を除いて種子の表面が乾く程度に風乾処理を施した。ケアオダモは風乾処理を施した後に腐敗防止のため翼を切り取った。

精選処理が完了した後はファスナー付ポリエチレン袋に種子を密封して 0℃一定に設定した冷蔵庫内で 2016 年 5～6 月まで低温密封貯蔵した。低温密封貯蔵の解除時に 1 粒当たりの種子重 (以下、種子重) と種子含水率の平均値を測定した。種子重は、各種 100 粒を 5 反復で無作為に選り重量を計測して平均を算出した。種子含水率は、各種 25～100 粒を 1 反復で無作為に選り、絶乾前後の重量を計測することで算出した。絶乾条件は 105℃で 2 週間以上とした。

2.2 試料の作成

70 %エタノールで殺菌消毒したポリプロピレン製の密閉容器 (エスタック (株) ハイパック S-10, 幅 117 mm×奥行き 84 mm×高さ 28 mm) に、105℃で 1 週間以上熱処理にかけ放冷させた川砂を 60 cc 入れた。この上に雑菌が付かないようにピンセットを用いて種子同士が重ならないように播種した。その後、川砂 20 cc を振りかけて種子表面が見え隠れする程度まで覆土し、そして、蒸留水 30 cc を注いで容器を密閉した。光発芽性を考慮して、コジキイチゴ、タニウツギ、ノリウツギの 3 種には覆土しなかったが、他の樹種と川砂の分量を等しくするため、川砂は 80 cc とした。

2.3 冷温湿層処理と暖温湿層処理

13 種に対して処理期間の異なる冷温湿層処理を行った。冷温湿層処理は「冷湿処理」、「低温湿層処理」、「低温湿潤処理」とも呼ばれ、研究者によって名称や処理方法の定義が異なる^{2,5,17)}。本研究では、温帯の冬季湿潤環境を想定した 0～5℃の温度範囲で行う湿層処理を冷温湿層処理とした。冷温湿層処理期間は、0 ヶ月間処理 (0 日間)、1 ヶ月間処理 (30 日間)、3 ヶ月間処理 (90 日間)、5 ヶ月間処理 (150 日間)、7 ヶ月間処理 (210 日間) の計 5 条件とした。

オオシマザクラ、オオウラジロノキ、ナナカマド、マユミ、

表-1 供試種子の概要

C ; 冷温湿層処理, WC ; 暖温湿層処理+冷温湿層処理, Err ; 測定不能, — ; 実施なし。

Table 1 Details of seeds.

C: Cold stratification, WC: Warm stratification + Cold stratification, Err: Error, —; no treatment.

Species	Seed collect area	Tree height (m)	Seed weight (mg)	Moisture content (%)	Dispersal type	Sample	
						C	WC
クロモジ	<i>Lindera umbellata</i> Thunb.	Kanagawa	2 ~ 5	48.00	10.3	Endozoochory	50 × 3 —
サイカチ	<i>Gleditsia japonica</i> Miq.	Miyagi	20	178.77	15.7	Barochory	50 × 4 —
オオシマザクラ	<i>Cerasus speciosa</i> (Koidz.) H.Ohba	Tokyo	8 ~ 10	125.92	12.2	Endozoochory	100 × 3 100 × 2
ウワミズザクラ	<i>Padus grayana</i> (Maxim.) C.K.Schneid.	Iwate	15 ~ 20	45.81	10.4	Endozoochory	50 × 4 —
オオウラジロノキ	<i>Malus tschonoskii</i> (Maxim.) C.K.Schneid.	Sizuoka	10 ~ 15	23.09	13.2	Endozoochory	50 × 4 50 × 2
コジキイチゴ	<i>Rubus sumatranus</i> Miq.	Tokyo	1 ~ 2	0.28	11.1	Endozoochory	200 × 3 —
ナナカマド	<i>Sorbus commixta</i> Hedl.	Gunma	6 ~ 10	3.46	19.8	Endozoochory	100 × 3 100 × 2
ツノハシバミ	<i>Corylus sieboldiana</i> Blume var. <i>sieboldiana</i>	Miyagi	8 ~ 12	447.50	13.8	Barochory	30 × 3 —
マユミ	<i>Euonymus sieboldianus</i> Blume	Sizuoka	3 ~ 5	17.18	13.8	Endozoochory	100 × 3 50 × 2
ノリウツギ	<i>Hydrangea paniculata</i> Siebold	Akita	2 ~ 5	0.07	Err	Anemochory	200 × 3 —
ケアオダモ	<i>Fraxinus lanuginosa</i> Koidz. f. <i>lanuginosa</i>	Akita	5 ~ 15	11.04	12.5	Anemochory	100 × 3 —
ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i> Thunb.	Kanagawa	5	15.27	18.3	Endozoochory	50 × 4 50 × 2
タニウツギ	<i>Weigela hortensis</i> (Siebold et Zucc.) K.Koch	Gunma	5	0.16	Err	Anemochory	200 × 3 —

表-2 異なる処理期間の冷温湿層処理を施した 13 種の最終発芽率と平均発芽日数

0 ヶ月間処理におけるカッコ内の値は 260 日目の最終発芽率を示す（タニウツギについては 179 日目まで）。灰色部分は冷温湿層処理中に発芽個体が見られた条件区を示す。アルファベットは Tukey-Kramer の HSD 検定 ($p < 0.05$) にて有意に異なるものを示す。

Table 2 Final percentage of germination and mean germinating days of the thirteen species that were processed for different durations of cold stratification.

Values in parenthesis show the final percentage of germination point at 260 days after the start of experiment (For *Weigela hortensis*, the value is for 179 days after the start of experiment). Values in grey show the number of seeds germinating during cold stratification. Error bars with different lowercase letters are significantly different according to Tukey-Kramer's HSD ($p < 0.05$).

Species	Final percentage of germination (%)						Mean germinating days (days)				
	0	1	3	5	7		0	1	3	5	7
<i>Lindera umbellata</i> Thunb.	0.0 (0.0)	0.0	2.0 ^b	14.0 ^{ab}	31.3 ^a		—	—	20	19	18
<i>Gleditsia japonica</i> Miq.	34.5 ^a (69.0)	22.0 ^b	20.5 ^{bc}	9.0 ^{cd}	9.0 ^d		26	21	31	21	25
<i>Cerasus speciosa</i> (Koidz.) H.Ohba	0.0 (0.0)	0.0	16.3 ^b	35.0 ^a	38.7 ^a		—	—	7	4	1
<i>Padus grayana</i> (Maxim.) C.K.Schneid.	0.0 (0.0)	0.0	0.0	7.0 ^b	57.5 ^a		—	—	—	12	2
<i>Malus tschonoskii</i> (Maxim.) C.K.Schneid.	0.0 (0.0)	0.0	23.0 ^b	62.0 ^a	63.0 ^a		—	—	4	3	0
<i>Rubus sumatranus</i> Miq.	0.0 (0.0)	0.8 ^b	0.0	0.5 ^b	16.7 ^a		—	52	—	52	48
<i>Sorbus commixta</i> Hedl.	0.0 (0.0)	0.0	0.0	0.0	1.0		—	—	—	—	1
<i>Corylus sieboldiana</i> Blume var. <i>sieboldiana</i>	1.1 ^c (14.4)	3.3 ^{bc}	2.2 ^c	25.6 ^a	24.4 ^{ab}		38	50	30	17	11
<i>Euonymus sieboldianus</i> Blume	0.0 (0.0)	0.0	0.0	0.0	0.0		—	—	—	—	—
<i>Hydrangea paniculata</i> Siebold	1.7 ^b (1.7)	63.2 ^a	75.3 ^a	81.0 ^a	77.8 ^a		22	9	10	9	8
<i>Fraxinus lanuginosa</i> Koidz. f. <i>lanuginosa</i>	38.7 ^{ab} (40.0)	45.7 ^a	24.0 ^{bc}	13.0 ^d	18.0 ^{cd}		19	15	13	14	12
<i>Viburnum dilatatum</i> Thunb.	0.0 (2.0)	0.0	0.0	0.0	0.0		—	—	—	—	—
<i>Weigela hortensis</i> (Siebold et Zucc.) K.Koch	98.2 (98.2)	95.7	81.5	88.0	81.5		6	4	6	4	8

ガズミの 5 種に対しては処理方法の異なる暖温湿層処理と一定期間の冷温湿層処理を組み合わせた処理を行った。暖温湿層処理も「温湿処理」や「高温湿層処理」などの別称がある^{2,14)}。今回は、温帯の春季～秋季湿潤環境を想定した 5～35℃の温度範囲で行う湿層処理を暖温湿層処理とした。暖温湿層処理期間は、1 ヶ月間処理 (30 日間)、2 ヶ月間処理 (60 日間)、3 ヶ月間処理 (90 日間) の計 3 条件とした。また、温度条件は、35℃恒温、25℃恒温、35/25℃変温、35/15℃変温、25/15℃変温の計 5 条件とした。変温は 12 時間ごとに切り替わるように設定した。暖温湿層処理は温度と期間の条件を組み合わせで行った。暖温湿層処理後、3 ヶ月間の冷温湿層処理を施した。

いずれの湿層処理においても処理期間中は試料をアルミホイル箔で包装し、暗条件下で行った。

2.4 発芽試験

発芽試験は温度条件を 25℃一定、光条件を明条件 12 時間 (11,000 lux)、暗条件 12 時間に設定した人工気象器 (日本医科器械製作所 (株) LH-240S) 内で行った。湿層処理を施した種子の含まれている密閉容器をそのままの状態が発芽試験に供した。発芽した種子はピンセットを用いて除外した。覆土した樹種では培地土上部から幼根および子葉が確認できた個体を、覆土しなかった樹種では 1 mm 以上の幼根を確認した個体を発芽個体とした。

2.5 解析方法

発芽試験終了後、樹種ごとの最終発芽率と平均発芽日数を算出した。平均発芽日数の算出式を以下に示す。

$$\sum fv / N$$

(f : 測定日の発芽数, v : 置床よりの日数, N : 発芽総数)

最終発芽率は発芽試験開始日から 60 日目経過した時点での累積発芽率とした。ただし、冷温湿層処理の 0 ヶ月間処理では 60 日目以降に休眠打破されて発芽する可能性を考慮して 260 日目まで日発芽数を計測して最終発芽率を算出した。平均発芽日数は発芽試験開始日から 60 日目までの数値を参照した。最終発芽率の結果はアークサイン変換後に一元配置分散分析し、Tukey-Kramer の HSD 検定を行った。

3. 結果と考察

3.1 冷温湿層処理後の最終発芽率と平均発芽日数

供試種子の最終発芽率と平均発芽日数の結果を示す (表-2)。最終発芽率は樹種によって異なる傾向を示した。サイカチ、ツノハシバミ、ケアオダモ、ノリウツギ、タニウツギの 5 種は冷温湿層処理を施さなくても発芽した。ツノハシバミでは 3 ヶ月間以下の処理で 3.3% 以下だったが、5 ヶ月間以上の処理をすると最終発芽率が有意に上昇した ($p < 0.01$)。ノリウツギは 1 ヶ月間処理のみで最終発芽率が有意に上昇した ($p < 0.05$)。一方、サイカチとケアオダモの 2 種は処理期間が長くなるにつれて最終発芽率が低下した。サイカチでは 0 ヶ月間処理で最も高い最終発芽率を示したが、処理期間が長くなるにつれて低下した。ケアオダモでは 1 ヶ月間処理で 45.7% と 0 ヶ月間処理より有意に高い値を示したが ($p < 0.01$)、3 ヶ月間処理以降は有意に低下した ($p < 0.01$)。タニウツギでは 1 ヶ月間以上の処理で 81.5～95.7% と 0 ヶ

図-1 暖温湿層処理と冷温湿層処理を組み合わせた場合の5種の最終発芽率

(A) 処理期間および処理温度別の最終発芽率
エラーバーは標準誤差を示す。棒上のアルファベットはTukey-KramerのHSD検定 ($p < 0.05$) にて有意に異なるものを示す。

(B) 冷温湿層処理のみ施した場合と暖温湿層処理を加えた場合の最終発芽率の比較
C: 5ヶ月間の冷温湿層処理, WC: 2ヶ月間の暖温湿層処理+3ヶ月間の冷温湿層処理。

Fig. 1 Final percentage of germination of five species that were processed for different methods durations of warm and cold stratification.

(A) Final percentage of germination each the temperature and duration of warm stratification. Error bar: SE. Error bars with different lowercase letters are significantly according to different Tukey-Kramer's HSD ($p < 0.05$).

(B) Comparison of germinating rates between only cold stratification and the combination of warm and cold stratification.

C: Cold stratification for 5 months, WC: Warm stratification for 2 months + Cold stratification for 3 months.

月間処理の場合と比較して低い最終発芽率を示したが有意差は認められなかった。クロモジ、オオシマザクラ、ウワミズザクラ、オオウラジロノキ、コジキイチゴ、ナナカマドの6種は、冷温湿層処理をしないと全く発芽しなかった。クロモジ、オオシマザクラ、オオウラジロノキは3ヶ月間処理で初めて発芽し、5ヶ月間処理および7ヶ月間処理にかけると有意に最終発芽率が上昇した ($p < 0.05$)。ウワミズザクラは5ヶ月間処理で初めて発芽し、7ヶ月間処理で有意に上昇した ($p < 0.05$)。ナナカマドは7ヶ月間処理で発芽したが1.0%とわずかであった。コジキイチゴは1ヶ月間処理で初めて発芽したが3ヶ月間処理および5ヶ月間処理ではほとんど発芽せず、7ヶ月間処理で有意に最終発芽率が上昇した ($p < 0.05$)。ガマズミとマユミは全処理期間で発芽は見られなかった。

平均発芽日数は冷温湿層処理期間が長くなるにつれて段階的に短縮する傾向にあった。ただし、サイカチとタニウツギでは明確な傾向は見られなかった。同時に、冷温湿層処理中に発芽する個体も見られた。5ヶ月間処理ではオオシマザクラとオオウラジロノキで冷温湿層処理中の発芽が確認されたものの、全発芽個体数のうち1.0%に満たなかった。7ヶ月間処理では全発芽個体数のうち、オオシマザクラで78.3%、ウワミズザクラで55.9%、オオウラジロノキで100%、ナナカマドで75.0%が冷温湿層処理中に発芽した。

本研究では最長で7ヶ月間の冷温湿層処理を行ったが、その間に低温密封貯蔵している種子の休眠が打破されている可能性もあった。そこで、2016年12月に冷蔵庫内で低温密封貯蔵していたオオシマザクラ、オオウラジロノキ、ナナカマド、マユミ、ガマズミの5種を発芽試験に供した。その結果、全ての樹種で発芽は見られなかった。つまり、この5種については、低温密封貯蔵では種子休眠を打破できないことがわかった。

3.2 暖温湿層処理と冷温湿層処理を組み合わせた場合の最終発芽率

暖温湿層処理と冷温湿層処理を組み合わせた場合の最終発芽率を処理温度と処理期間別に示す (図-1 (A))。最終発芽率は全5種とも20.0%以下だった。オオシマザクラは処理温度に関係なく1ヶ月間処理では5.5~14.5%だった。25/15℃変温の2ヶ月間処理および3ヶ月間処理で発芽は見られたものの2.0%以下だった。オオウラジロノキは35℃恒温では全く発芽しなかった。1ヶ月間処理では25/15℃変温のみ4.0%が発芽した。ナナカマドも35℃恒温条件では全く発芽しなかった。マユミは35℃恒温および35/15℃恒温では全く発芽しなかった。ガマズミは35℃恒温、35/25℃変温、35/15℃変温では全く発芽しなかった。

また、冷温湿層処理のみ施した場合と比較した結果を示す (図-1 (B))。オオシマザクラとオオウラジロノキは冷温湿層処理のみ施した方が暖温湿層処理と組み合わせたときと比較して高い値を示した。一方、ナナカマド、マユミ、ガマ

図-2 冷温湿層処理後の最終発芽率と種子特性との関係

(A) 最終発芽率と種子重との関係

(B) 最終発芽率と種子散布形式との関係

上から順番に冷温湿層処理を0ヶ月間、1ヶ月間、3ヶ月間、5ヶ月間、7ヶ月間施した。

Fig.2 Comparison between the final percentage of germination after cold stratification and seed characteristic.

(A) Comparison between the final percentage of germination after cold stratification and seed weight.

(B) Comparison between the final percentage of germination after processing cold stratification and dispersal type.

From the top of the figure, stratification for 0, 1, 3, 5, and 7 months.

ズミは暖温湿層処理と冷温湿層処理を組み合わせた処理の方が冷温湿層処理のみを施したときに比べて高い値を示したが有意差は見られなかった。

3.3 種子特性ごとの冷温湿層処理後の最終発芽率

冷温湿層処理にかけた供試種子の最終発芽率を種子重ごとに整理した (図-2 (A))。0ヶ月間処理ではケアオダモを除くタニウツギーサイカチ間の樹種に発芽は見られない。この領域にある樹種は冷温湿層処理期間が長くなるにつれて発芽種数を増加させた。一方、サイカチーツノハシバミ間およびノリウツギータニウツギ間では冷温湿層処理期間の長短による発芽した種数の変化はない。このことから、冷温湿層処理は中程度の種子重を有する種子に対して効果があると考えられる。

また、種子重は種子散布形式をある程度決定する。そこで、最終発芽率の結果を散布形式ごとに整理した (図-2 (B))。

被食型散布種子は0ヶ月間処理では全く発芽せず、3ヶ月間処理以降から発芽した。一方、重力型散布種子と風型散布種子は冷温湿層処理がなくても発芽し、冷温湿層処理期間が長くなるにつれて最終発芽率は増減した。

4. 総合考察

3.1の結果から13種の休眠打破に必要な冷温湿層処理期間は概ね3ヶ月間以上ということがわかった。しかし、樹種ごとの最終発芽率は既存研究と比較して異なるものがあった。橋詰はクロモジとナナカマド種子に対して冷温湿層処理とホルモン剤処理の併用実験を行っている⁵⁾。その結果、クロモジは5ヶ月間の冷温湿層処理にかけても全く発芽せず、ジベレリンとカイネチンを併用して冷温湿層処理にかけることで発芽しているものの最終発芽率は25.0%以下と本研究で得られた値より低かった。一方、ナナカマドは5ヶ月間

の冷温湿層処理のみで 10.0 %ほど発芽しており本研究で得られた値より高かった。また、Hamada *et al.*はオオシマザクラ種子の休眠打破に必要な冷温湿層処理期間を調査している⁴⁾。その結果、約 3 ヶ月間の冷温湿層処理で 82.2 %が発芽したと報告されているが、本研究で同期間の処理をして得られた最終発芽率は 35.0%と約 1/2 の値を示した。このように、同じ樹種に対して冷温湿層処理を施しているにも関わらず処理期間ごとの最終発芽率に差異が生じる原因はいくつか考えられる。種子の発芽状況は採種年、採種地、母樹などによって異なることが予想される¹⁹⁾。また、採種後に行った精選処理および低温密封貯蔵の違いも発芽に影響しているだろう。これらのことは供試種子の種子品質に違いをもたらす。特に、核果、液果、堅果類の樹木種子は乾燥によって発芽率が大幅に低下する場合が多い¹⁸⁾。本研究では核果や液果類を多く用いたため最終発芽率に大きな差異がいたと考えられる。

3.2 では 5 種に対して暖温湿層処理と冷温湿層処理の組み合わせ処理を行ったがあまり効果を確認できなかった。暖温湿層処理はある種の種子の休眠に対しては胚の休眠状態によって打破と誘起の両方に働くという報告がある⁹⁾。ハリギリ (*Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz.) やコシアブラ (*Chengiopanax sciadophylloides* (Franch. et Sav.) C.B.Shang et J.Y.Huang) 種子を用いた研究では、暖温湿層処理の処理温度を 20~25 °C に設定して行っている^{14,17)}。また、マユミ種子は 20 °C を超える温度に晒されると二次休眠が誘起されるという³⁾。したがって、本研究の暖温湿層処理温度では 5 種の二次休眠を誘起した可能性がある。

3.3 の結果から、冷温湿層処理に対する反応と種子重および種子散布形式との間にも関係のあることが予想された。ただし、本研究ではわずか 13 種の傾向を分析したのみであり信頼性に欠ける。より細やかな樹木の属や種の単位でその発芽特性や種子休眠について実験を続けていく必要がある。

謝辞: 本論文を作成するにあたり、ご担当頂きました編集委員並びに校閲委員の方々には懇切丁寧なご校閲、ご対応を賜りました。この場をお借りしまして厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 浅川澄彦 (1957) ヤチダモのタネの発芽遅延についての研究 (第 5 報) 発芽におよぼす湿層処理の効果. 林業試験場研究報告, 95: 71-90.
- 2) Baskin C. C. & J. M. Baskin (2009) 第 1 章 種子休眠の

タイプと区分. 種生物学会編, 発芽生理学. 文一総合出版, pp. 327-343.

- 3) 福永健司・五宝千嘉・鈴木貢次郎 (2008) 低含水率に調整したマユミ種子の発芽促進. 日本緑化工学会誌, 34(1): 63-68.
- 4) Hamada, K., Ogawa, T. and Tanaka, H. (1988) Effects of temperature and storage periods for seed dormancy release on *Prunus lannesiana* Wils. (Carr.) var. *speciosa*. Bulletin of the Tokyo-to Agricultural Experiment Station, 21: 21-31.
- 5) 橋詰隼人 (1987) 法面緑化用木本・草本種子の発芽特性. 広葉樹研究, 4: 75-83.
- 6) 林田光祐 (2009) コラム 6 被食散布と種子発芽—食べられないと死んでしまう種子. 種生物学会編, 発芽生理学. 文一総合出版, pp. 173-178.
- 7) 正木 隆 (2009) 日本における動物による種子散布の研究と今後の課題. 日本生態学会誌, 57: 13-24.
- 8) 中村華子・篠崎隼也・福永健司 (2011) 富士山南麓で 6 年間に採取した落葉広葉樹の種子と発芽率—地域性種苗利用のための一報告. 日本緑化工学会誌, 37(1): 127-130.
- 9) 中村俊一郎 (1985) 農林種子学概論. 養賢堂, 280pp.
- 10) 中西弘樹 (1999) 鳥散布果実の色と大きさ. 上田恵介編, 種子散布 助けあいの進化論〈1〉鳥が運ぶ種子. 築地書館, pp. 41-49.
- 11) 中静 透 (2004) 森のスケッチ. 種子のサイズは何を意味するか. 東海大学出版会, pp. 90-94.
- 12) 日本植木協会編 (2014) 植生景観とその管理. 東京農業大学出版会, 159 pp.
- 13) 小山浩正・清和研二 (2009) 第 14 章 生態学的発芽実験 II. 発芽生態実験. 種生物学会編, 発芽生理学. 文一総合出版, pp. 327-343.
- 14) 佐藤 創 (1998) 湿層処理によるハリギリ種子の発芽促進. 日本林学会誌, 80(4): 279-278.
- 15) 清和研二 (1994) 落葉広葉樹の定着に及ぼす種子サイズと稚苗のフェノロジーの影響. 北海道林業試験場研究報告, 31: 1-68.
- 16) 清和研二 (2008) 種子のサイズと実生の成長パターン. 正木 隆編, 森の芽生えの生態学. 文一総合出版, pp. 65-86.
- 17) 嬉野健次・市川寛子・金澤俊成 (2006) コシアブラ種子の胚発育に及ぼす湿潤低温処理時期と期間および GA₃ 処理時期の影響. 園芸学研究, 5(4): 369-374.
- 18) 山中寅文 (1975) 植木の実生と育て方. 誠文堂新光社, 256 pp.
- 19) 吉田和男・杉木修一 (2001) 自生樹木の生産試行(1)—種子採取～発芽状況—. 日本緑化工学会誌, 27(1): 231-234.

(2017 年 7 月 6 日受理)