ガマズミ (*Viburnum dilatatum* Thunb.) 種子の形態生理的休眠と発芽期間の短縮

武井理臣¹⁾・柴田尚志²⁾・藤野裕太²⁾・橘 隆一^{*2)}・福永健司²⁾

1) 東京農業大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Tokyo Univ. of Agriculture

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

摘要: ガマズミ種子は形態生理的休眠を有していることから、散布後に発芽するまで18ヶ月ほどを要する。本研究では、ガマズミ種子を採取後早期に発芽させることを目的とし、休眠打破方法を検討した。ガマズミ種子の形態生理的休眠の打破には、冷温湿層処理の前に暖温湿層処理を行う必要がある。そこで暖温湿層処理を25℃16h/15℃8h切り替えの変温条件で90~120日間行ったところ胚が成長し、発根が始まった。その後、発根した種子に0℃恒温条件の冷温湿層処理を60~90日間行うことで発芽した。以上から、休眠打破にかかる日数を約180日間に短縮することに成功し、ガマズミがdeep simple epicotyl dormancy (上胚軸休眠)を持つことを確認できた。

キーワード: ガマズミ, 暖温湿層処理, 冷温湿層処理, 形態生理的休眠, 上胚軸休眠

TAKEI, Masaomi, SHIBATA, Naoyuki, FUJINO, Yuta, TACHIBANA, Ryuichi and FUKUNAGA, Kenji:

Morphophysiological dormancy and shortening the germination period of *Viburnum dilatatum* seeds

Abstract: *Viburnum dilatatum* seeds have morphophysiological dormancy, and need about 18 months to germinate. In this study, we investigated a method of breaking dormancy by warm stratification, for early sprouting after harvest. Embryo grow and root was emerged from seeds at alternating temperature of 25℃ for 16 hours / 15℃ for 8 hours (warm stratification) over 90 to 120 days. The generation of cotyledons was stimulated by subjecting the rooted seeds to cold stratification at 0℃ under constant temperature conditions for 60 to 90 days. From the above, we succeeded in shortening the number of days required to break dormancy to about 180 days and confirmed that *V. dilatatum* seeds has deep simple epicotyl dormancy.

Key words: *Viburnum dilatatum*, warm stratification, cold stratification, morphophysiological dormancy, deep simple epicotyl dormancy

1. はじめに

ガマズミ (*Viburnum dilatatum* Thunb.) は、北海道西南部から九州にかけて、山地帯から平野部の林縁や明るい林内に広く分布している。落葉性低木であることから、視距の確保が要求される道路法面の下部など低木群落の形成が望まれる場所への緑化樹種として適していると考えられる。

ガマズミは10~12月にかけて採取した種子を精選後すぐに屋外で播種しても、春まで冷暗所で保管した後に播種した場合も、ともに発芽は採取後2年目の春になる^{10,12,13,16)}。これは、ガマズミ種子が形態生理的休眠と呼ばれる深い休眠を有するため、種子は胚が未熟な状態で散布され、胚が種子内で成熟するまで発芽しない^{1,5)}。あわせて、種子内で胚全体を成長させ、発根させるためには暖温湿層処理を180~240日間行う必要があること、さらに子葉の生理的休眠を打破し、発根した種子を発芽させるためには冷温湿層処理を90日間

行う必要があること、未発根の種子に冷温湿層処理を行っても休眠が打破できないことが報告されている⁷⁾。暖温湿層処理は、冷温湿層処理ほど一般的ではないが、湿らせた砂や脱脂綿で種子を包み、数ヶ月15℃以上の暖温条件を与える処理方法で、冷温湿層処理期間の短縮、胚の後熟促進、種皮の腐敗による物理的休眠の打破等が期待される^{14-16,17)}。冷温湿層処理は、やはり湿らせた砂や脱脂綿で種子を包み、数ヶ月間0~5℃の冷蔵庫内で保管し、種子の休眠打破を図る処理方法である^{8,11,14,15,17)}。種子内部の代謝促進、発芽適温域の拡張等が期待される^{8,11,14,15,17)}。台湾高地に自生する同属の *V. betulifolium* Batal. と *V. parvifolium* Hayata においても、20℃12h/10℃12h等の変温条件で種子に暖温湿層処理を行うことで、胚全体の成長が促され最短180日で50%の種子から幼根が伸長したことが確認されている⁶⁾。しかし、発

* 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

根後に暖温湿層処理を続けても子葉は展葉せず、240 日間の暖温湿層処理中に枯死したという⁶⁾。一方で、発根した種子に 5℃恒温条件で 120 日間冷温湿層処理を行うと、100%の種子で子葉が展開したという⁶⁾。北米大陸東部の冷温帯から暖温帯かけて自生する *V. acerifolium* L.においても、25℃12 h/15℃12 h 等の変温条件下で暖温湿層処理を行うことで胚全体の成長が促され、最短 270 日で 50%の種子が発根したという^{7,9)}。また、子葉を展開させ発芽させるためには、発根した種子への冷温湿層処理が必要であるとされる^{7,9)}。以上からガマズミ、*V. betulifolium*, *V. parvifolium*, *V. acerifolium* の 4 種はいずれも形態生理的休眠のうち、deep simple epicotyl dormancy (上胚軸休眠)と呼ばれる夏季の高温と、冬季の低温の両方が休眠の打破に必要とされるタイプと考えられており^{1,4-7,9)}、休眠打破には上述した暖温湿層処理と冷温湿層処理の 2 段階の処理が必要であると言える。しかし、効果的な温度とその期間は不明である。また、特に Giersbach⁷⁾, Baskin^{3-6,9)}らの報告では、生理学的研究という位置付けであったため、休眠打破にかかる時間の短縮に関しては議論されていない。そこで本研究では、ガマズミ種子の休眠打破に最適な条件について、段階的に温度を変え複数の湿層処理条件を用意し、胚の成長、発根、発芽の開始タイミングから検討した。さらに、この結果を踏まえ、異なる湿層処理期間の組み合わせ実験を行い、休眠打破までにかかる時間の最短条件を検討した。

2. 材料ならびに方法

2.1 休眠打破までの最適な温度条件の検討

2.1.1 供試種子

ガマズミの種子は、2017 年 9 月 29 日に秋田県八峰町で採取した。採取後、夾雑物を取り除いた果実を水中で揉み潰し、未充実種子や虫害を受けた種子や果肉、果皮を除外する水選処理を行った。完全に果肉を除去するために種子を 5 日間浸水処理し、その後、直射日光の当たらない場所で種子が重ならないように広げ 3 日間陰干しし、表面に湿り気が残らない程度に乾燥させた。湿り気を除いた種子をファスナー付きボ

リエチレン袋に入れ密封し、 $0 \pm 2^\circ\text{C}$ に設定した業務用冷蔵庫にて 6 ヶ月間冷温貯蔵した。実験は、東京都世田谷区にある東京農業大学世田谷キャンパス内で行った。

2.1.2 湿層処理の方法・条件

70%エタノールで殺菌消毒し、蓋に通気孔を開けたポリプロピレン製容器 (エスタック ハイパック S-10, 幅 117 mm×奥行き 84 mm×高さ 28 mm) に小粒 (粒径 5~15 mm) の軽石砂を 40g 詰め、この上に種子を重なり合わないよう 50 粒播種した。その後、軽石砂で種子表面が見え隠れする程度まで覆土した。覆土した後は蒸留水を 30 ml 注ぎ、軽石砂に給水させた。なおこれらの容器は以下の温度条件それぞれに発根・発芽測定用に 5 容器、胚長の測定用に 1 容器の計 6 容器ずつ供試した。

湿層処理は人工気象器 (日本医科器械製作所 LH-240) 内で行った。日本の四季による温度変化を考慮し、最初 0℃から段階的に温度を上昇させはじめる条件 (以下、C.s.s.とする) と、25/15℃から段階的に温度を低下させはじめる条件 (以下、W.s.s.とする) を用意した。ほかに、0℃恒温条件および 15/5℃、20/10℃、25/15℃の変温条件で 240 日間湿層処理を行う計 6 つの温度条件を用意した。それぞれの設定条件の詳細は表-1 に示す。なお、1 日の光条件は、明条件を約 3,000 lux として 16 h、その後暗条件を 8 h とした。変温の切り替えは、高温時を明条件に、低温時を暗条件に合わせて行った。0℃設定では暗条件を 24 h とした。

2.1.3 発根及び発芽の観察

上胚軸と下胚軸の休眠を分けて考えるため、幼根の出現を「発根」、子葉の出現を「発芽」と定義して測定し、それぞれ発根率、発芽率を求めた。測定は 2 日に 1 度行った。発根率は覆土を軽く除き、測定を行った。

2.1.4 胚長の測定

表-1 に示した各温度において、実験の開始時から終了時まで、1 ヶ月毎に 5 粒のガマズミ種子について、種子を縦方向に割った断面を 0.5 mm 目盛のスケールとともに写真撮影することで胚長を測定した。種子は、2.1.2 で用意した胚長の観察用の容器から取り出した。

表-1 胚成長、発根、および発芽のための温度推移

胚の成長、休眠打破、および発芽に及ぼす、擬似的な季節変化を模した温度条件の順序の効果を調べるために設定した人工気象器の温度条件の概要。表中の C.s.s.は Cold stratification start, W.s.s.は Warm stratification start の略。

Table 1 Temperature sequences for embryo growth,radicle emergence,and germination.

C.s.s in the table stands for starting from Cold stratification, W.s.s. stands for starting from Warm stratification.

Total incubation	days of incubation	Temperature (°C)					
		C. s. s.	W. s. s.	0 °C	15 / 5 °C	20 / 10 °C	25 / 15 °C
60	60	0	25 / 15
90	30	15 / 5	20 / 10				
120	30	20 / 10	15 / 5				
180	60	25 / 15	0				
210	30	20 / 10	15 / 5				
240	30	15 / 5	20 / 10				

2.2 休眠打破までの最短時間の検討

2.2.1 湿層処理の方法と条件

供試種子は 2.1 と同じように採取し、同様の精選、管理を行った。実験場所も同じである。

発芽床の作成、播種は、2.1.2 と同様とした。また、発根・発芽測定用の容器と、写真撮影用の容器を、後述する温度条件毎に 2.1.2 と同数用意した。容器に播種した種子を、容器ごと人工気象器に入れ処理を行った。暖温湿層処理は、30, 60, 90, 120 日間の 4 つの処理期間で行った。温度は全ての条件で一律とし、25/15 °C (約 3,000 lux) に設定した人工気象機内で湿層処理を行った。その後、冷温湿層処理を行った。冷温湿層処理は、0 °C ± 2 °C で 15, 30, 60, 90 日間の 4 つの処理期間で行った。実験では暖温湿層処理期間 4 条件と、冷温湿層処理期間 4 条件を組み合わせ、16 通りの条件で湿層処理を行い、最短で種子を発芽させることができる湿層処理の組み合わせを求めた。

2.2.2 発根および発芽の観察

暖温湿層処理開始から冷温湿層処理終了時まで、30 日に 1 回発根または発芽した種子を数えた。発根率は、覆土を軽く除き測定した。また、冷温湿層処理後、種子を 15/5 °C (約 3,000 lux) の条件に移し、60 日間の発芽試験を行なった。期間中、30 日に 1 回発芽数を測定し、最終発芽率は発芽試験開始から 60 日目に求めた。暖温湿層処理 30 日、60 日と、暖温湿層処理 90 日+冷温湿層処理 15 日、もしくは 30 日では暖温湿層処理開始から 180 日目まで、暖温湿層処理 90 日+冷温湿層処理 60 日、もしくは 90 日と、暖温湿層処理 90 日では暖温湿層処理開始から 210 日目まで、それぞれ延長して発根率を測定した。

2.2.3 胚の成長観察

暖温湿層処理、冷温湿層処理を行っている間、2.2.1 で用意した写真撮影用の容器から、各条件につき 1 ヶ月毎に 5 粒ずつ 2.1.4 と同様に胚長を測定した。

2.3 統計解析

2.1 の休眠打破のための最適条件に関する実験では、胚長、発根率、発芽率を、それぞれ温度条件を要因とした一元配置の分散分析で解析し、Tukey-Kramer の HSD 検定をした。また、2.2 の休眠打破のための最短時間に関する実験では、胚長、発根率、発芽率を、それぞれ暖温湿層処理の処理期間と冷温湿層処理の処理期間を要因とした二元配置の分散分析で解析し、Tukey-Kramer の HSD 検定を行った。両実験とも、発根率、発芽率は A-sin 変換後に解析をした。

3. 結果

3.1 休眠打破までの最適な温度条件の検討

3.1.1 胚の成長

胚の成長について、図-1 に示す。20/10 °C、25/15 °C では、温度処理開始 60 日目から胚が成長しはじめ、240 日目には 5 mm に達し、0 °C、15/5 °C で湿層処理を行った種子の胚長

に対し有意に大きく成長し ($p < 0.01$)、それぞれ 5, 10 倍の大きさになった。また、W.s.s では、開始 60 日目以降から胚の成長が始まり、60 日目に 0.2 mm だった胚は、120 日目には 4.6 mm に達した。240 日目の胚長は 5.1 mm と、25/15 °C の種子の胚長と同等となった。次に、C.s.s では、0 °C で 60 日間の冷温湿層処理後の 15/5 °C、20/10 °C での暖温湿層処理期間中、胚の成長はほとんど認められなかった。開始 180 日目に 25/15 °C での暖温湿層処理が終了した直後 0.2 mm だった胚長が、210 日目には 5 mm まで急速に成長し、240 日目には 25/15 °C の種子の胚長と同等になった。一方、0 °C、15/5 °C では開始から 240 日目でも、胚長はそれぞれ 1 mm、0.5 mm とほとんど成長しなかった。

3.1.2 発根率

累積発根率を図-2 に示す。20/10 °C、25/15 °C では、開始から 90 日目に発根が開始した。最終発根率は 20/10 °C が 55.2%、25/15 °C が 64.4% で、他の温度条件に比べ特に高い結果となった ($p < 0.01$)。また、W.s.s では開始から 90 日目に発根を開始した。最終発根率は 47.6% で、0 °C、15/5 °C の発根率に比べ、高い結果となった ($p < 0.01$)。次に、C.s.s では、0 °C で 60 日間、15/5 °C で 30 日間、20/10 °C で 30 日間、25/15 °C で 60 日間湿層処理を行なっている間一切発根せず、20/10 °C で湿層処理を始めた実験開始 180 日目以降に発根を開始した。最終発根率は 44.4% で、暖温開始条件とほぼ同等の発根率となった。一方、0 °C、15/5 °C で湿層処理を行った種子は、240 日目まで湿層処理を継続しても、発根はほぼみられなかった。

図-1 段階的に温度を変化させた湿層処理における胚の成長 (エラーバーは標準偏差を示す。n=5)

C.s.s.は冷温開始条件、W.s.s.は暖温開始条件を表す。

Fig.1 Embryo growth in stratification with gradual temperature change

Error bars indicate standard deviation. n = 5

C.s.s. represents the cold stratification start, and W.s.s. represents the warm stratification start.

図-2 段階的に温度を変化させた湿層処理における累積発根率（エラーバーは標準偏差を示す。n=5）

Fig. 2 Cumulative radicle emergence in stratification with gradually changing temperature. Error bars indicate standard deviation. n = 5. C.s.s. represents the cold stratification start, and W.s.s. represents the warm stratification start.

図-3 段階的に温度を変化させた湿層処理における累積発芽率（エラーバーは標準偏差を示す。n=5）

Fig. 3 Cumulative germination in stratification with gradually changing temperature. Error bars indicate standard deviation. n = 5. C.s.s. represents the cold stratification start, and W.s.s. represents the warm stratification start.

3.1.3 発芽率

累積発芽率を図-3 に示す。発芽した種子は、W.s.s.でのみ確認された。発芽は、0℃での冷温湿層処理期間が終了した実験開始210日目以降、20/10℃で始まった。累積発芽率は、15.4%と、発根率の約1/3と低い値となった。

3.2 休眠打破までの最短時間の検討

3.2.1 胚の成長

胚の成長について、図-4 に示す。暖温湿層処理を120日間行った種子では、その後の0℃での冷温湿層処理中も引き続き胚が成長を続けた。胚長は、湿層処理終了時には冷温湿層処理15日間で4.3 mm、30日間で3.7 mm、60日間で4.1 mm、90日間で5.1 mmまで成長した。胚長は、暖温湿層処理30、60、90日間に比べ、有意に大きくなった ($p < 0.01$)。暖温湿層処理90日の種子でも、暖温湿層処理120日間と同様、0℃での冷温湿層処理中も胚が成長を続けた。胚長は、湿層処理終了時には冷温湿層処理15日間で2.8 mm、30日間で2.7 mm、60日間で2.5 mm、90日間で4.5 mmまで成長した。胚長は、暖温湿層処理30、60日間にに対し有意に大きくなった ($p < 0.01$)。一方、暖温湿層処理を30日間、60日間行った種子では、その後の冷温湿層処理期間に関わらず胚長は0.5 ~ 1.5 mm とほとんど成長しなかった。

3.2.2 発根率

発根率を図-5 に示す。暖温湿層処理を90、120日間行った種子では、すべての冷温湿層処理期間で発根が確認された。暖温湿層処理120日間の最終発根率は、冷温湿層処理15日間の場合では62.0%、30日間の場合では70.4%、60日間の場合では61.6%、90日間の場合では52.4%と、暖温湿層処理を30、60、90日間行った種子に比べ有意に高くなった (p

図-4 暖温湿層処理と冷温湿層処理の組合せ条件における胚の成長（エラーバーは標準偏差を示す。n=5）

0日目の胚長は、暖温湿層処理開始前の値を示す。

Fig. 4 Embryo lengths processed for different methods and durations of warm and cold stratification. Error bars indicate standard deviation. n = 5. The growth of embryos was observed through the warm stratification and cold stratification period.

図-5 暖温湿層処理と冷温湿層処理の組合せによる累積発根率
(エラーバーは標準偏差を示す。n=5)

Fig.5 Cumulative radicle emergence processed for different methods and durations of warm and cold stratification.

Error bars indicate standard deviation. n = 5

<0.01)。次いで、暖温湿層処理 90 日間の最終発根率は、冷温湿層処理 15 日間の場合では 39.2%，30 日間の場合では 26.8%，60 日間の場合では 8.8%，90 日間の場合では 31.2%と、暖温湿層処理を 30，60 日間行った種子に比べ有意に高くなった ($p < 0.01$)。一方、暖温湿層処理を 30，60 日間行った種子では、どの冷温湿層処理期間との組合せに関わらず、ほとんど発根しなかった。暖温湿層処理の期間が長いほど発根率が上昇する傾向が認められた。また、暖温湿層処理を 90 日，120 日行った種子では、冷温湿層処理中も発根が継続している様子が確認された。

3.2.3 発芽率

最終発芽率を図-6 に示す。暖温湿層処理 120 日条件では、最終発芽率は冷温湿層処理 60 日間との組合せが 35.2%と最も高く、他の期間に比べ有意に発芽率が高かった ($p < 0.01$)。90 日間との組合せも 19.2%と、2 番目に高い値となった。次いで、暖温湿層処理 90 日間では、最終発芽率は冷温湿層処理 60 日間との組合せが 2.0%，90 日間との組合せが 16%であった。暖温湿層処理 30，60 日間のすべての冷温湿層処理期間との組合せと、暖温湿層処理 90，120 日間と冷温湿層処理 15，30 日間を組合せた条件では発芽はみられなかった。

4. 考察

Baskin はガマズミ種子を Deep Simple Epicotyl と分類している^{2,4)}が、このタイプの種子は一定以上の温度と期間による暖温湿層処理によってはじめて胚が成長を始める¹⁾。また、同様に deep simple epicotyl dormancy とされる *V.*

図-6 暖温湿層処理 (25/15 °C) の後冷温湿層処理 (0 °C) を行い、15/5°C で 60 日間発芽試験を行った種子の発芽率
(エラーバーは標準偏差を示す。n=5)

Fig. 6 Cumulative emergence processed for different methods and durations of warm and cold stratification.

Error bars indicate standard deviation. n = 5

betulifolium, *V. parvifolium*, *V. acerifolium* でも、15/5 °C 以下の温度では胚の成長が始まらなかったと報告がある^{6,9)}。これらのことから、本研究で種子を 0 ± 2 °C で 6 ヶ月冷温貯蔵した後使用したことによる影響はないと考えている。

種子の胚成長とそれに続く発根は、暖温湿層処理を行うことで初めて認められた (図-1, 図-2)。この結果は、Giersbach の報告⁷⁾と一致した。しかしながらこの報告では、発根までに必要な暖温湿層処理の期間は 210~270 日だった⁷⁾が、本研究では 90~120 日で発根が始まり、暖温湿層処理に必要な期間は大幅に短縮された (図-5)。同属の *V. betulifolium*, *V. parvifolium*, *V. acerifolium* も、胚全体の成長や発根に暖温湿層処理を必要とするとされている樹種であるが、発根開始までの期間はそれぞれ 126 日，140 日，84 日と、本研究でガマズミ種子の発根が確認された日数と比較的近かった^{4,6,9)}。Giersbach の研究では、*V. acerifolium* が発根するまで 180~510 日間を要する⁷⁾と述べており、Hidayati らの報告⁹⁾に比べ、発根までの期間が長く評価されている可能性がある。ガマズミも発根までに 210~270 日を要するとしており、*V. acerifolium* 同様に、より長い時間を要すると評価されていたと考えている^{7,9)}。

発根した種子からの発芽は、温休眠打破までの最適な温度条件の検討では発根後に 0°C での湿層処理を唯一経験する W.s.s.のみで確認された (図-3)。0°C で 60 日間の湿層処理を最初に経験する C.s.s.では、胚の成長や発根は 20/10 °C で 30 日間，25/15 °C で 60 日間の湿層処理を経験した後に開始されたが (図-1, 図-2)，240 日間の間に発芽は確認できな

った。また、休眠打破までの最短時間の検討より、発芽は暖温湿層処理後に冷温湿層処理を施した種子のうち、冷温湿層処理を 60 日以上施した種子のみで認められた (図-6)。このことから、ガマズミ種子の発芽には、発根した種子が 0℃程度の冷温を 60 日以上経験することが必要で、胚が未発達な状態の種子が冷温を経験しても、胚の生理的休眠は打破されない、という結果が得られた。これも、Giersbach の研究結果⁷⁾と、ガマズミ種子が Deep Simple Epicotyl dormancy を有することを支持することとなったが、冷温湿層処理が必要な期間は 90 日間と報告されており⁷⁾、本研究では 30 日ほど短くなった。

また、25/15℃で暖温湿層処理を 90 日間以上行った種子で、0℃で冷温湿層処理中も胚全体が成長する様子が確認されており (図-4)、発根率も冷温湿層処理期間中に増加している (図-5)。暖温湿層処理期間が 60 日以下では冷温湿層処理期間中の胚の成長はほとんど起きていないことから (図-4)、既存の報告通り冷温湿層処理自体には胚の成長や発根を促す作用はないと考えられる^{1,6,9)}。このことから、ガマズミは一度形態休眠が打破されると、打破前の胚が成長を開始するよりもかなり低い温度でも胚の成長が進行すると考えられる。これは暖温湿層処理により胚の成長適温域の拡張が起き、胚が成長し易くなるためではないかと考えている。このことから、最短でガマズミ種子の休眠を打破したい場合、一部の種子が発根した段階で冷温湿層処理を行えば、発芽させられることが明らかになった。

5. おわりに

ガマズミ種子に、暖温湿層処理 (25/15℃) を 120 日間行った後に 60 日間の冷温湿層処理 (0℃) を行うことで、発芽試験で約 35% の発芽率を得ることが出来た。以上のことから、ガマズミ種子の休眠打破に必要な最短の日数は約 180 日であると考えられた。

引用文献

- 1) Baskin, C. C., Baskin, J. M. (2009) 種子休眠のタイプと区分. 種生物学会編, 発芽生物学. 文一総合出版, pp. 1-45.
- 2) Baskin, C. C., Baskin, J. M. (2014) Germination Ecology of Seedswith Morphophysiological Dormancy. Seeds. Ecology, biogerphy and evolution of dormancy and germination, Second Edition. San Diego, Elsevier/Academic Press, 127-132pp.
- 3) Baskin, C. C., Chien, C. T., Chen, S. Y. and Baskin, J. M. (2008) Germination of *Viburnum odoratissimum* seeds: a new level of orphophysiological dormancy. Seed Science Research, 18 : 179-184.
- 4) Baskin, C. C., Chen, S. Y., Chien, C. T. and Baskin, J. M. (2009) Overview of seed dormancy in *Viburnum* (Caprifoliaceae) . Propagation of Ornamental Plants, 9: 115-121.
- 5) Baskin, J. M. and Baskin, C. C. (2004) A classification system for seed dormancy. Seed Science Research, 14: 1-16.
- 6) Chien, C. T., Chen, S. Y., Baskin, J. M., Baskin, C. C. and Kuo-Huang, L. L. (2011) Deep simple epicotyl morphophysiological dormancy in seeds of two *Viburnum* species, with special reference to shoot growth and development inside the seed. Annals of Botany, 108: 13-22.
- 7) Giersbach, J. (1937) Germination and seedling production of species of *Viburnum*. Contributions from Boyce Thompson Institute, 9: 79-90.
- 8) 畑野健一 (1967) 林木種子の冷処理 (湿層処理) とその生理的意義. 日本林学会誌, 49: 444-447.
- 9) Hidayati, N. S., Baskin, J. M. and Baskin, C. C. (2005) Epicotyl dormancy in *Viburnum acerifolium* (Caprifoliaceae) . The American Midland Naturalist, 153 (2) : 232-244.
- 10) 平野 潤 (1976) 盛岡周辺の主な広葉樹の開葉・開花・結実・落葉の各時期と実生による育苗. 岩手県林業試験場成果報告, 8: 23-27.
- 11) 石井幸夫 (1979) ケヤキ種子の低温湿層処理期間とその処理後の発芽に及ぼす温度と光の影響. 日本林学会誌, 61 (10) : 362-366.
- 12) 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会 (編) (1980) 276 オオカメノキ (ムシカリ) -284 サンゴジュ, 樹木のふやし方・タネ・ホトリから苗木まで. 農林出版株式会社, pp.244-252.
- 13) 森 徳典 (1998) ガマズミ属 Linn.(Viburnum). 勝田 桓・森 徳典・横山敏孝, 日本の樹木種子 (広葉樹編) . 林木育種協会, pp.381-387.
- 14) 中村俊一郎 (1985) 第 3 章 発芽, 農林種子学総論. 養賢堂, pp.84-88.
- 15) 鈴木善弘 (2003) IV. 休眠と発芽の生理・生態, 種子生物学. 東北大学出版会, pp.132-161
- 16) 橘 隆一・松井奈緒子・中村華子・小川裕紀子・吉原敬嗣・福永健司 (2008) 国内採取した在来木本植物種子の発芽試験の結果. 日本緑化工学会誌, 34 (1) : 152-155.
- 17) 嬉野健司・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.

(2019 年 7 月 26 日受理)