
 原著論文

 系統間差および直接播種がスギ・ヒノキ実生コンテナ苗の
 育苗段階における成長に与える影響

 Effect of direct sowing and varietal differences on growth of containerized
 Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) seedlings

 山中 豪^{1)*}

 Go Yamanaka^{1)*}

要旨：スギ・ヒノキ実生コンテナ苗を低コストかつ安定的に生産するためには、短い育苗期間で高い得苗率を保つことが好ましいが、1年生の苗は苗長および根元径のばらつきが大きく、容易に高い得苗率を得ることができない。今回、スギおよびヒノキにおいて、直接播種が播種当年の苗の成長にどのように影響するか、また、苗の成長に系統間差はあるかについて調査を行い、短い育苗期間で高い得苗率を得られる育苗方法について検討を行った。結果、直接播種した苗は稚苗移植により生産した苗よりも成長が早く、直接播種は育苗期間の短縮に寄与すると考えられた。また、直接播種した苗の成長には系統間差がみられたことから、使用する種子の系統を吟味することで、短い育苗期間でも高い得苗率を得られる可能性があると考えられた。

キーワード：育苗期間、稚苗移植、得苗率、特定母樹、精英樹

Abstract: To produce seedlings of the Japanese cedar and Japanese cypress reliably and cost effectively, it is necessary to produce seedlings in a short period while maintaining a high yield. However, maintaining a high yield is difficult because annual seedlings vary considerably in length and stem diameter. In this study, a test was conducted on the Japanese cedar and Japanese cypress to investigate two factors that may influence seedling growth: the sowing method (direct sowing in a container or transplantation to a container), and the varietal differences. The aim of the study was to find an optimal method of raising seedlings that can maintain a high yield within a short period. The results showed that seedlings produced by direct sowing grew faster than seedlings produced by transplantation. In the seedlings produced by direct sowing, growth differed between the varieties. It was therefore concluded that a high yield of seedlings could be obtained in a short period by selecting fast-growing seed varieties and sowing directly.

Key Word: nursery period, transplantation, yield of seedlings, specified mother tree, plus tree

はじめに

近年、マルチキャビティコンテナ（以下、コンテナ）を用いたスギ・ヒノキ苗の生産が盛んであるが、その生産コストを下げるために多くの試みが行われている（森林総合研究所2019）。従来、コンテナ苗の生産においては、苗畑や育苗箱に播種し、発芽した稚苗をコンテナに移植する手法が多く用

¹⁾ 三重県林業研究所

Mie Prefecture Forestry Research Institute

* E-mail : yamang00@pref.mie.lg.jp

いられていたが（飛田2019），育苗コストを低減するためには，この移植手間を削減することが有効であるとされており，コンテナの各孔に直接播種する手法（以下，直播）の実用化が検討されている（加藤2017）．しかし，播種方法（育苗箱に播種し稚苗をコンテナに移植する方法含む，以下同じ）と苗の成長の関係については十分な検討が行われておらず，播種方法が育苗期間に与える影響を明らかにすることで，育苗コストの差を明らかにできると考えられる．

一方で，スギやヒノキでは，精英樹選抜育種事業をはじめとした育種が進められており，第一世代精英樹（以下，精英樹）や特定母樹などが開発されている（道明2014）．精英樹に関しては次代検定林から得られた調査データにより各系統の実生の材質や成長特性の評価が行われており（林木育種センター2018），さし木のデータに基づく推奨品種も選ばれているが（林木育種センター2004），育苗段階における成長の系統間差は十分に検討されていない．コンテナ苗の生産コストを下げるためには育苗期間の短縮が有効であるとされており（近藤2019，藤井2016），そのためにはより早い苗の成長が必要となるため，成長の系統間差を十分に検討しておくことが重要となる．また特定母樹は，成長が早く，花粉が少ないものが認定されることとなっており（道明2014），今後の育苗の主流となると考えられるため，これまでの主流であった精英樹と比較した育苗段階における成長を明らかにしておく必要があると考えられる．

これらのことから，本研究においては，播種方法，および系統の違いが育苗段階における成長に与える影響を明らかにすることを目的とし，試験を行った．

材料と方法

三重県が管理する採種園にて2017年秋に採取した種子（すべて自然交配，特定母樹のみミニチュア採種園から採取）を用い，2018年に育苗試験を行った．使用した種子の樹種，系統，精英樹特性表（林木育種センター2018）における実生5年次の樹高評価値（以下，5年次樹高評価値），播種方法，事前に計測した発芽率，播種日または移植日，およびコンテナ枚数などは表-1のとおりである．

表-1. 試験条件

樹種	系統	5年次樹高評価値 ^{※1}	発芽率(%) ^{※2}	直播日または移植日	コンテナ枚数	孔数	12月時点での生存個体数
スギ	特定母樹混合 (17系統)	-	40	直播 4/20	5 (うち1枚は覆土なし)	200	196
				移植 6/13	2	80	67
	一志1	2	21	直播 4/22	2	80	75
	宇陀18	4	18	直播 4/22	2	80	77
ヒノキ	特定母樹混合 (11系統)	-	7	直播 4/13	4 (うち1枚は覆土なし)	160	160
				移植 6/13	2	80	65
	尾鷲10	4	2	直播 4/13	2	80	78
	志摩1	3	6	直播 4/13	2	80	80

※1. 精英樹特性表（林木育種センター2018）における実生5年次の樹高評価値．1～5の5段階評価で数字が大きいほど成長が良い．

※2. 浸水（選別）前の種子を恒温室24℃一定，常時明環境，100粒/シャーレ，1反復による条件にて試験した結果．なお，ヒノキ特定母樹混合は11系統の種子を混合したものであり，その11系統の発芽率を按分して発芽率を算出した．

直播を行ったコンテナ（以下、直播コンテナ）については、すべて3粒/孔播種とした。直播した孔のうち、7月18日時点で発芽が確認されない孔については、同日、同一コンテナ内の複数発芽した孔から苗を移植した。また、7月18日時点で複数の発芽が確認された孔については、7月19日に最も苗長が大きい個体を残して間引きを行った。

直播を行わなかったコンテナ（以下、移植コンテナ）においては、各樹種ともに、4月13日に鹿沼土で満たした育苗箱に播種し、発芽した稚苗を6月13日にコンテナへ移植した。

今回使用したすべての種子は、次の(1)～(4)の手順により処理した後に使用した。(1)使用するおよそ3日前に合成洗剤0.03%水溶液にて7時間程度浸け、浮いたものを除去する。(2)およそ2昼夜水に浸ける。(3)ベンレート700倍水溶液にて7時間程度浸ける。(4)水洗いし水気をとる。

コンテナはJFA150（40孔/枚、150 cc/孔）を使用した。培地はココピート：パーライト：バーク堆肥を14：3：3で混合したものに緩効性肥料ハイコントロール650-360日タイプ（ジェイカムアグリ（株））を10 g/L配合したものを使用した。なお、直播コンテナについては、培地充填後に培地の上に鹿沼土細粒を5～10 mm程度敷き、播種後にはバーミキュライトによる覆土を行った。ただし、スギ特定母樹混合およびヒノキ特定母樹混合については、各1コンテナ、播種後の覆土を行わなかった。

育苗は三重県林業研究所構内のパイプハウスにて行った。このパイプハウスはサンサンシェード#60-P（日本ワイドクロス（株））にのみ覆われており、5月28日からはハウス上面のネットを巻き上げた。散水はスプリンクラーにより1日1～2回の各10分～2時間程度とし、気温や降雨状況に応じて適宜散水時間を調節した。

計測について、各孔の発芽本数を5月1日、5月30日、7月18日に計測した。また、7月19日（間引き後）に苗長、12月4～21日に苗長と根元径を計測した。なお、苗の成長に関するデータ解析においては、12月計測時点で生存している個体のみを対象とした。

結果および考察

1. 播種方法が苗の成長に与える影響

図-1に、7月時点および12月時点における各系統の苗長を孔あたりの発芽本数または播種方法ごとに示す。

スギ一志1、ヒノキ志摩1、ヒノキ尾鷲10では発芽がみられない空孔（0本/孔発芽）がないまたは僅少であった。そのため、移植した個体もほぼなかった（図-1ab）。

スギ特定母樹混合、スギ宇陀18、ヒノキ特定母樹混合における12月時点での苗長は、直播コンテナのうち1本/孔以上発芽した孔の個体（以下、発芽個体）と比較し、移植コンテナの個体（以下、6/13移植個体）および直播コンテナのうち0本/孔発芽のため移植した個体（以下、7/18移植個体）で小さい傾向がみられた（図-1ab）。この要因については、移植作業の際に、移植する稚苗の根を少なからず損傷させてしまうことが影響し、移植後の苗の成長が遅くなったことが考えられた。

また、6/13移植個体については、7月時点においても他より苗長が小さくなっていることから（図-1ab）、播種した用土の中の堆肥や肥料の有無が播種後数ヶ月間の苗の成長に影響すると考えられた。

孔あたりの発芽本数と苗の成長について、3本/孔発芽した孔および2本/孔発芽した孔では7月19日に間引きを行っているが、間引きに関して、宮崎・佐藤（1959）によれば、「スギを例にとれば、第1回目の間引きは苗丈3 cmぐらいになったときに実施して正常な苗に揃える。」とあり、また間引きの必要性について、「生立密度の厚いところや形質の悪いものは間引いて苗立ちをよくする必要がある。」（宮崎・佐藤1959）と述べている。3本/孔発芽した孔においては、間引きにより各孔で最も苗長が大

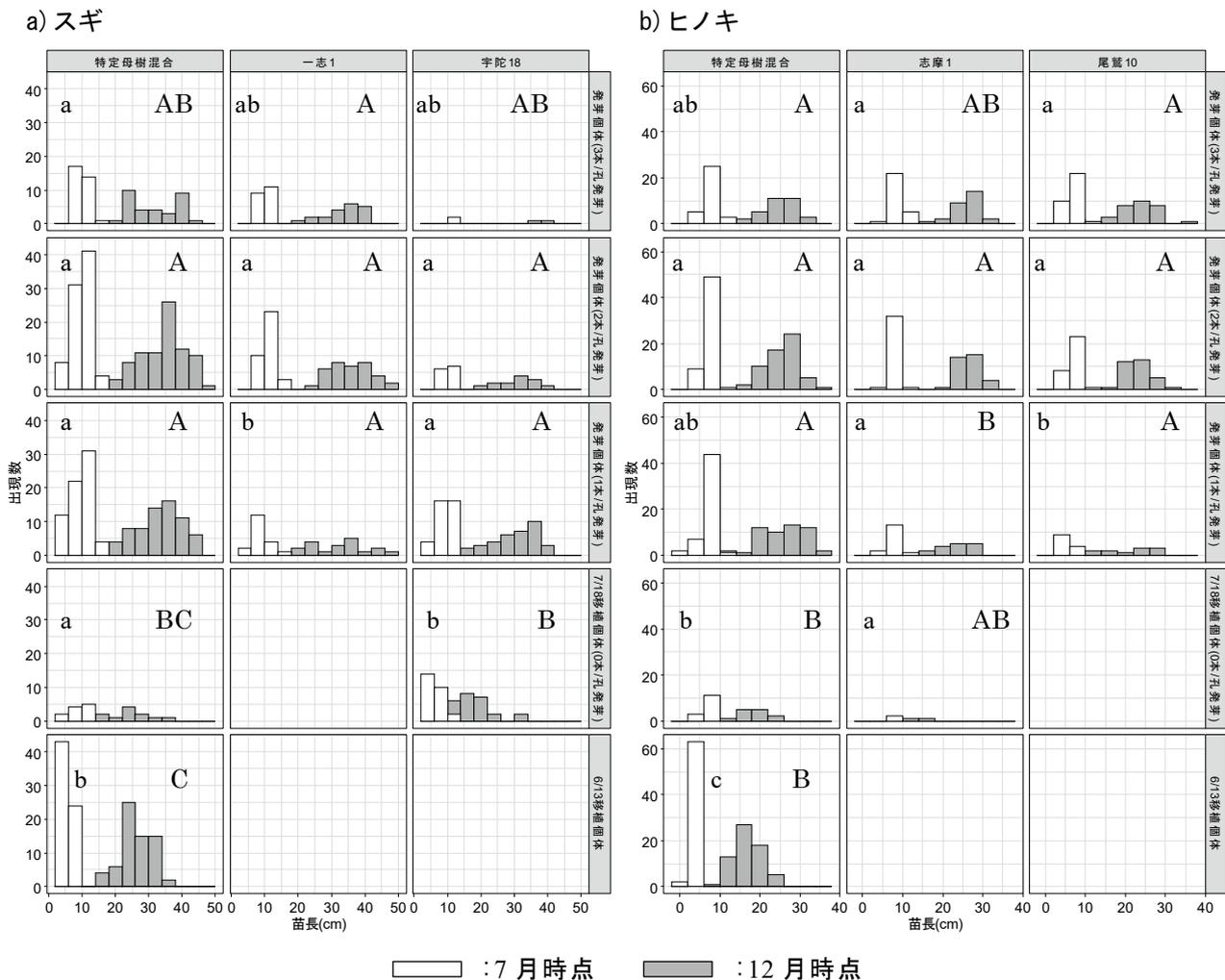


図-1. 苗長のヒストグラム. 各系統において, 異なる英文字間には有意差があることを示す (Steel-Dwass 検定: $p < 0.05$). なお, 大文字の英文字は12月時点の苗長に対して, 小文字の英文字は7月時点の苗長に対して付する.

きい個体のみを残しているため, 形質不良個体が残っている可能性は低い, これと比較し, 1本/孔発芽した孔においては, 間引きを行っていないため, 形質不良個体が残っている可能性が考えられる. しかし今回, いずれの系統でも, 間引きを経た3本/孔発芽孔の個体の苗長と, 間引きを行っていない1本/孔発芽孔の個体の苗長との間に有意な差はなく (図-1ab), 直播によるコンテナ育苗において, 孔あたりの発芽本数が苗の成長に及ぼす影響は小さいと考えられた.

これらのことより, 育苗期間の短縮を目的とした場合, あらかじめ堆肥や肥料を混合してある培地をコンテナに充填し, 直播により1粒/孔以上発芽させることが有効であると考えられた.

2. 苗の成長特性の系統間差

前述のとおり, 発芽個体より7/18移植個体および6/13移植個体の苗長成長量が小さかったことから, これら移植個体を除き, 発芽個体に限った各系統の測定結果を表-2に示す. 発芽個体の12月時点において, 苗長は, スギでは宇陀18が他より有意に小さく, ヒノキでは尾鷲10が有意に小さかった (表-2). 根元径は, スギでは系統間で有意な差はなく, ヒノキでは尾鷲10が有意に小さかった.

各孔を, 最初に発芽が確認された期間により, 播種~5月1日 (以下, 発芽早), 5月2日~5月30日

表-2. 各系統別の発芽状況および発芽個体における12月時点の測定結果

樹種	系統	発芽率(%) ^{※1}			空孔率(%) ^{※2}	生存本数	発芽個体のみ12月時点			
		5/1	5/30	7/18			平均苗長(cm)±SD	平均根元径(mm)±SD	平均形状比±SD	得苗率(%) ^{※3}
スギ	特定母樹混合	18	51	56	6	185	33.1 ± 7.2 a	3.8 ± 0.7 a	88.7 ± 16.4	61
	一志1	9	68	67	0	75	34.5 ± 6.8 a	4.0 ± 0.7 a	87.9 ± 13.9	65
	宇陀18	10	28	29	35	51	30.3 ± 7.0 b	3.8 ± 0.7 a	80.3 ± 16.2	55
ヒノキ	特定母樹混合	40	57	56	9	146	25.4 ± 5.2 a	2.6 ± 0.5 a	97.1 ± 14.1	3
	志摩1	62	70	70	3	78	25.7 ± 3.6 a	2.7 ± 0.4 a	97.8 ± 10.8	0
	尾鷲10	17	74	74	1	78	22.1 ± 5.4 b	2.3 ± 0.5 b	96.7 ± 12.2	0

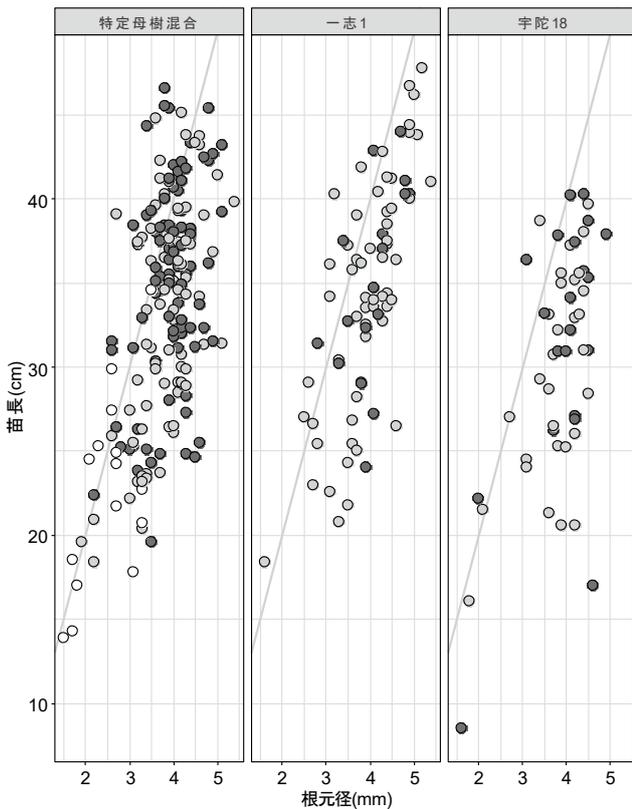
各樹種において、異なる英文字間には有意差があることを示す (Tukey-Kramer 法 : $p < 0.05$).

※1. 播種した種子の粒数に対する発芽した個体の割合. 発芽後枯死した場合, 次回計測時にはカウントしなかった.

※2. 播種した孔数に対する発芽が無かった孔の割合.

※3. 発芽個体のうち, 苗長 30 cm 以上かつ根元径 3.5 mm 以上の個体の割合.

a) スギ



b) ヒノキ

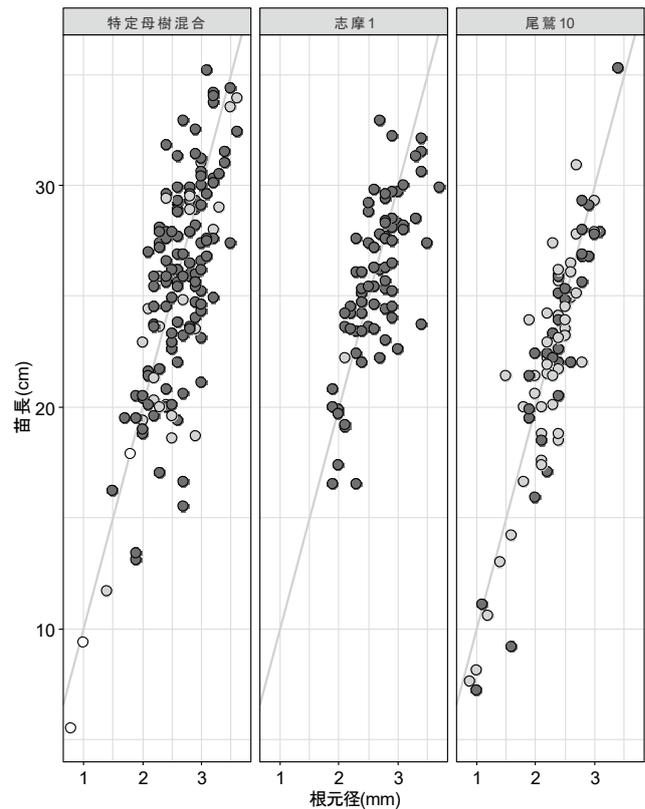


図-2. 12月時点の苗長と根元径. 斜線は形状比 (苗長/根元径) 100 を示す.

(以下、発芽並)、5月31日～7月18日(以下、発芽遅)に3区分すると、スギ特定母樹混合およびヒノキ特定母樹混合に発芽遅があり、その苗長や根元径は他よりも小さい傾向がみられた(図-2ab)。ヒノキでは、特定母樹混合と志摩1は発芽早の割合が多かったが、尾鷲10は発芽並の割合が多かった(図-2b)。

スギ宇陀18は、発芽率が低かったために空孔率が高く(表-2)、複数本発芽した孔から空孔への移植を多く行った。スギにおいて、宇陀18の苗長が他よりも小さかった要因としては、系統間での遺伝的差異や、移植作業で複数本発芽孔から稚苗を抜く際、その孔に残す個体の根を損傷させている可能性が考えられた。

ヒノキにおいて、尾鷲10の苗長および根元径が他よりも小さかった要因としては、系統間での遺伝的差異や、発芽時期が他系統より遅く、成長できる期間が短かったことが考えられた。

これらの結果と5年次樹高評価値(表-1)を比べると、ヒノキでは、5年次樹高評価値が高いほど成長が良いが、スギでは、逆の結果となった。このことから、育苗における成長は必ずしも5年次樹高評価値と整合しないと考えられた。あるいは、今回みられた発芽時期の差や、移植作業に伴う根の損傷の影響が、遺伝的差異以上に苗の成長に影響した可能性が考えられる。特に、発芽時期に関しては、発芽遅の成長量が小さかったことから、播種当年の成長に大きく影響する可能性がある。

これらのことから、スギおよびヒノキでは、種子の発芽率や発芽速度は系統によって異なり、苗の成長にも影響するため、コンテナ苗の育苗において短い育苗期間で高い得苗率を得ようとする場合は、発芽速度が遅い、または、発芽率の低い系統を排除して播種することが好ましいと考えられた。

おわりに

今回、スギおよびヒノキのコンテナ苗の育苗における播種方法や系統の違いが苗の成長に及ぼす影響が確認されたが、短い育苗期間で高い得苗率を保つためには課題が多く残っている。

播種方法について、通常流通しているような種子を用いて、各孔1本/孔以上を確実に発芽させるためには、1孔あたりにより多くの種子を播種しなければならない。これは、種子の生産コストや間引きの手間を考えると必ずしも有効な手段ではない。そのため、既に近赤外光を用いた種子選別機が開発されており(松田2016)、これを活用した1粒/孔の播種が可能となっているが、発芽時期のバラツキは解消されてない(原2017)。今回確認されたような、発芽時期の系統間差やそのほかの発芽速度に関する知見(郷1956, 山中2019)などにより、種子選別技術を改良していくことで、直播により短期間で育苗した苗の得苗率が向上するものと考えられる。

系統間差について、いずれの樹種でも、特定母樹混合の成長は精英樹と比較し同等またはそれ以上であったことから、特定母樹は育苗において有用であると考えられたが、精英樹と同様に、特定母樹の各系統間においても、発芽や成長に関する系統間差がある可能性が考えられるため、今後、特定母樹の各系統における違いを検討することで、より低コストでのコンテナ苗生産が可能になるものと考えられる。

一方で、コンテナ苗のメリットの一つには、植栽可能期間が長いことがある(山川ら2013)。そのため、今後コンテナ苗の普及が進めば、従来の植栽適期である春や秋以外の時期における苗木需要も増加する可能性がある。今回の育苗試験においても、春播種して1成長期で規格を満たさない個体が多く存在したが、そういった個体でも、播種翌春以降の需要に充てることは可能である。従って、1成長期での苗木生産を主軸に、成長が遅れた苗を有効に活用していくような育苗体制を検討することも必要と考えられる。

引用文献

- 道明真理 (2014) 森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法の改正についてー特定母樹の増殖についてー. 森林遺伝育種3: 34-36
- 郷 正士 (1956) スギおよびクロマツのタネの重さと発芽. 日林誌38: 114
- 藤井 栄 (2016) 実生スギコンテナ苗生産期間短縮の試み. 徳島農技セ研報3: 15-20
- 原 真司・飛田博順・松田 修 (2017) コンテナ苗の効率的生産に向けた技術開発と課題. 森林科学80: 18-21
- 加藤高志 (2017) 毛苗の移植の手間を省く直播コンテナ苗生産技術の開発. 現代林業607: 36-39
- 近藤 晃・袴田哲司・山本茂弘 (2019) 1年生で山行き可能なスギコンテナ苗の育苗ー秋季にコンテナ容器へ直播きする方法ー. 静岡県農林技術研究所研究報告12: 41-46
- 松田 修・原 真司・飛田博順・宇都木玄 (2016) 高発芽率を実現する樹木種子の選別技術. 森林遺伝育種5: 21-25
- 宮崎 榊・佐藤 亨 (1959) 苗木の育て方. 地球出版株式会社
- 林木育種センター (2004) 関西育種基本区スギ推奨品種特性表 (平成15年度). 林木育種センター
- 林木育種センター (2018) 関西育種基本区のスギ・ヒノキ精英樹特性表. <https://www.ffpri.affrc.go.jp/kaniku/research/seieijutokuseijouhou.html> (参照: 2020-1-30)
- 森林総合研究所 (2019) 新しいコンテナ苗生産方法の提案. 森林総合研究所 (ISBN978-4-905304-98-2)
- 飛田博順 (2019) コンテナ苗の育苗技術の現状と課題. 山林1624: 62-69
- 山川博美・重永英年・久保幸治・中村松三 (2013) 植栽時期の違いがスギコンテナ苗の植栽後1年目の活着と成長に及ぼす影響. 日林誌95: 214-219
- 山中 豪 (2019) スギコンテナ苗生産における種子サイズと稚苗サイズの影響. 中林研67: 11-14