
原著論文

育苗環境と施肥および種子の違いがヒノキ実生コンテナ苗の成長に与える影響

Effects of nursery environment, fertilization and seed characteristics on the growth of
Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) container seedlings山中 豪^{1)*}Go Yamanaka^{1)*}

要旨：ヒノキ実生コンテナ苗の高品質化および育苗コストの低減を目的とし、育苗中のガラス室の活用、追肥の有無または施肥の種類、および種子のサイズと系統の違いが、育苗における上長成長と肥大成長およびH/D比に与える影響を調査した。播種は春に行った。寒冷期のガラス室利用と追肥により、得苗率の向上とH/D比の低下がみられた。窒素成分の多い肥料をより多く施用することで、得苗率の向上とH/D比の低下がみられた。種子が大きいほど得苗率は高くなった。十分な施肥または種子の選別を行うことで、播種後14か月程度で高い得苗率が得られると考えられた。

キーワード：育苗期間、ガラス室、追肥、H/D比、種子サイズ

Abstract: To produce high-quality Japanese cypress container seedlings in shorter growth periods, I investigated four factors that may influence seedling growth and quality: using a glass greenhouse from autumn to spring, the type of fertilizer and top-dressing, seed size, and varietal differences. I sowed the seeds in spring, and the yield rate was defined as the percentage of sufficiently-sized seedlings. The use of a glass greenhouse and top-dressing improved the yield rate and reduced the height-to-diameter ratio. Increased fertilizer application with a higher nitrogen content improved the yield rate and reduced the height-to-diameter ratio. Seedlings born from larger seeds had higher yield rates. These results suggest that with adequate fertilization or seed selection, a high yield rate is achievable 14 months after sowing.

Key Word: nursery period, glass greenhouse, top-dressing, height-to-diameter ratio, seed size

はじめに

近年、伐採と造林の一貫作業システム（以下、一貫作業システム）が導入されつつある（林野庁2020）。コンテナ苗は一貫作業システムへの活用が期待されていることから、その普及と生産拡大が進められており、生産量は年々増加している（林野庁2020）。しかし、スギやヒノキのコンテナ苗の育苗技術は確立しておらず（飛田2019, 横田ら2016）、ヒノキコンテナ苗のH/D比（苗高を根元径で除した値）は裸苗と比較して高い場合がある（諏訪ら2016, 渡邊ら2017）。苗のH/D比は低いほど良いと言われており（坂口・伊藤1965）、スギコンテナ苗では、H/D比が高い場合、活着後の上長成長に負の影響を与えることが報告されている（八木橋ら2016）。一貫作業システムにおいては、成長に優れ

¹⁾ 三重県林業研究所

Mie Prefecture Forestry Research Institute

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

た早い苗木を活用した下刈り回数の省略も期待されていることから（林野庁2020）、コンテナ苗のH/D比をより低くする育苗技術の開発と普及が必要と考えられる。

一方で、コンテナ苗の普及を促すためには、コンテナ苗自体の価格を低くすることも重要である。コンテナ苗は裸苗と比較して価格が高い（中村2012）が、その要因としてはコンテナ苗の生産コストが裸苗と比較して高いこと（横田ら2016）が考えられる。コンテナ苗の生産コスト低減には、育苗期間を短縮し、育苗にかかる費用を低減させることが有効である。また、育苗期間の短縮は、需給のギャップ調整にも有利に働くことから、出荷されない廃棄苗を少なくし、結果として生産コストを低減させるものと考えられる。育苗期間を短縮するためには、苗の成長を促進する必要がある。ヒノキコンテナ苗の育苗においては、肥料の種類や量といった施肥の条件が成長に与える影響（深堀ら2017、茂木ら2013）が検討されている。ヒノキ以外の樹種のコンテナ苗や裸苗においては、ガラス室の使用（エゾマツ：田村ら2019、スギ：藤井2016、山中2019a）や、種子のサイズ（アカマツ、クロマツ：三宅・黒川1956、スギ：山中2019b）または系統の違い（スギ：山中2020）が苗の成長に与える影響の検討が行われているが、ヒノキコンテナ苗においてこれらの影響は十分に検討されていない。

これらのことから、本研究においては、ガラス室の活用、追肥の有無または施肥の種類、および種子のサイズと系統の違いが、ヒノキコンテナ苗の育苗における上長成長と肥大成長およびH/D比に与える影響を明らかにすることを目的として試験を行った。

材料と方法

1. 使用した種子、容器、培地、および播種方法

種子は、2016年秋または2017年秋に、三重県林業研究所構内のヒノキエリートツリーミニチュア採種園の構成母樹のうち、特定母樹として認定されているものから採種し混合したもの（以下、系統混合）を使用した。試験に使用する種子はあらかじめ台所用洗剤ジョイ（界面活性剤濃度33%：P&G）0.03%水溶液に7時間程度浸しておき、沈んだものを使用した。

コンテナはJFA150を用い、培地の配合比は、ココピート70%、木質系堆肥15%、パーライト15%とした。本試験においては、播種は3粒/孔とし、2017年3月22日と、2018年4月13日の2回行った。以下、2017年に播種し、育苗した試験を2017年試験、2018年に播種し、育苗した試験を2018年試験と呼ぶ。なお、2017年試験においては2016年秋に採取した種子を、2018年試験においては2017年秋に採取した種子を、それぞれ使用した。

2. 2017年試験

2017年試験では、寒冷期のガラス室の利用および追肥が、ヒノキコンテナ苗の育苗における上長成長と肥大成長およびH/D比に与える影響を調査した。播種はガラス室内で行った。2017年4月24日に発芽の有無を確認し、翌日、発芽がみられなかった孔へ付近の複数発芽した孔からの稚苗の移植（以下、移植）を行った。1個体/孔とする間引き（以下、間引き）は2017年6月13日に行った。

2017年5月12日にすべてのコンテナを野外の散水施設（以下、野外）に移し、2017年9月15日に、半数のコンテナをガラス室に戻した。ガラス室に戻したコンテナを、次の5月までガラス室内で育苗することで、野外のコンテナとの成長量の比較を行った。

培地にはあらかじめ緩効性肥料ハイコントロール650-360日タイプ（N16-P5-K10: ジェイカムアグリ株式会社）（以下、650-360d）を5g/L配合したが、2017年7月13日から12月末までの間、一部のコンテナに毎週1000倍希釈の液肥（多木複合液肥12号N12-P5-K6: 多木化学株式会社）を滴るほど散布す

ることで、追肥ありと追肥なしの比較を行った。

2017年試験における各試験区の供試数は表-1のとおりである。測定は2017年7月、2017年9月、2017年12月、2018年2月、2018年5月に行った。すべての測定で苗長（苗を直立させた状態での地際から梢端までの長さ）を測定し、2017年12月以降の測定で根元径を測定した。なお、使用したガラス室と野外の日平均気温の差は、2017年9月15日から2018年5月31日までの期間において、1.0℃から9.6℃の範囲であった（山中2019a）。

3. 2018年試験

2018年試験では、肥料の種類と量、および種子のサイズと系統の違いが、ヒノキコンテナ苗の育苗における上長成長と肥大成長およびH/D比に与える影響を調査した。なお、本試験では、2017年試験と異なり、野外とガラス室それぞれで播種および育苗し、試験期間中の移動は行わなかった。

野外では、肥料の種類と量についての試験を行った。ハイコントロール085-360日タイプ（N10-P18-K15: ジェイカムアグリ株式会社）（以下、085-360d）を培地に10g/L配合した085-360d区、650-360dを培地に10g/L配合した650-360d区、ハイコントロール650-180日タイプ（N16-P5-K10: ジェイカムアグリ株式会社）（以下、650-180d）と650-360dを10g/Lずつ計20g/L配合した+180d区を設定した（以下、施肥タイプ）。各孔の発芽数を2018年7月18日に確認し、同日に移植、翌日に間引きを行った。

ガラス室では、種子のサイズと系統の違いについての試験を行った。種子は系統混合の他、2017年秋にエリートツリーヒノキ西育2-1号から採種した種子（以下、単一系統）を用いた。種子はあらかじめ、その長径により4-5 mm, 3-4 mm, 2-3 mmに分別し（以下、種子サイズ）、それぞれ播種した。なお、種子の分別の際、外観が極端に黒い種子や種子特有の膨らみが無い種子は除外した。移植は行わず、間引きは8月1日に行った。各孔の発芽数については、2018年の5月1日、5月23日、7月13日に確認し、5月1日に発芽が確認された孔の個体は発芽早、5月23日に初めて発芽が確認された孔の個体は発芽並、7月13日に初めて発芽が確認された個体は発芽遅として区別した（以下、発芽速度）。なお、発芽遅は1個体しか確認されなかったため、後述する分散分析において発芽遅の個体を除外した。

2018年試験における各試験区の供試数は表-3のとおりである。測定は、2019年2月と2019年6月に行い、苗長と根元径を計測した。

4. データ解析方法

データ解析は、2017年試験、2018年試験ともに、最終計測時点で枯死または梢端異常がみられた個体を除外して行った。

2017年試験については、2018年2月と2018年5月の計測結果（苗長、根元径、H/D比（本試験においては、苗長/根元径と定義する.））のそれぞれを目的変数、追肥の有無と寒冷期の育苗場所およびその交互作用を説明変数とした分散分析を行った。

2018年試験については、2019年2月と2019年6月の計測結果（苗長、根元径、H/D比）のそれぞれを目的変数とし、野外での試験については、施肥タイプを説明変数とした分散分析と多重比較、ガラス室での試験については、種子サイズ、系統の違い、発芽速度を説明変数とした分散分析を行った。ガラス室での試験については、分散分析が3元配置となるため、AICを指標とした変数増減法による変数選択を行った。

なお、解析にはプログラミング言語Rのバージョン4.0.3、statsパッケージのlm関数およびstep関数、carパッケージのAnova関数を使用した。

結果および考察

1. 寒冷期にガラス室を利用する効果と追肥の効果

2017年試験の結果より、寒冷期の育苗場所について、2018年2月の苗長は野外でより大きい結果となったことから（図1-d, 表-2）、秋から冬にかけてのガラス室利用は苗の上長成長を促すとは考えられなかった。一方で2018年5月の根元径はガラス室でより太くなったことから（図1-g, 表-2）、春のガラス室利用が苗の肥大成長を促す可能性が考えられた。また、2018年2月と2018年5月ともに、H/D比はガラス室でより低くなっており（図-1j,k, 表-2）、ガラス室の利用はヒノキ苗のH/D比を低くし、形状的品質を高める可能性が考えられた。

追肥の効果については、2018年2月と2018年5月ともに、苗長および根元径が大きくなったことから（図-1d,e,g,h, 表-2）、上長成長および肥大成長を促す効果があると考えられた。

また、得苗率（本稿では、コンテナの孔数に対する、苗長30 cm以上かつ根本径3.5 mm以上の個体の割合とする。）は、2018年2月と2018年5月ともに、野外追肥あり>ガラス室追肥あり>ガラス室追肥なし>野外追肥なしの順となっており（表-1）、寒冷期のガラス室利用と追肥の両方が、育苗期間の短縮に資するものと考えられた。

2. 肥料の種類と量の効果

2018年試験の結果より、苗長については、いずれの計測時点でも085-360d区より650-360d区で苗長が大きく（図2-a,d）、肥料に含まれる窒素量の差が影響していると考えられた。また、いずれの計測時点でも650-360d区と+180d区に差はなく（図2-a,d）、上長成長に関しては、650-360d区の施肥で満足すると考えられた。

根元径については、2019年2月時点で、+180d区が他よりも太く（図-2b）、180日タイプの施肥効果が表れていると考えられた。しかし2019年6月時点では650-360d区と+180d区に差はなくなった（図2-e）。085-360d区については、2019年6月時点で他よりも根元径が細くなっており（図-2e）、085-360d区の施肥では肥大成長は満足しないと考えられた。これらから、苗の肥大成長に関しても、650-360d区の施肥で満足すると考えられた。

しかしながら、H/D比については、いずれの計測時点においても、650-360d区と比較して+180dが低くなっていることから（図2-c,f）、苗のH/D比まで考慮した場合には、より多くの施肥が必要となる可能性が考えられた。

得苗率に関しても、+180区>650-360d区>085-360d区の順となっており（表-2）、育苗期間を短縮させるためには、窒素成分の多い肥料をより多くの施用することが好ましいと考えられた。

表-1. 2017年試験における供試数と得苗率

9月以降の 育苗場所	7月からの 追肥	供試 孔数	解析対象個体数 (うち移植個体数)	得苗率(%)	
				2018年2月時点	2018年5月時点
ガラス室	なし	240	237 (30)	2	37
	あり	80	79 (11)	10	51
野外	なし	240	236 (27)	1	13
	あり	80	80 (10)	13	58

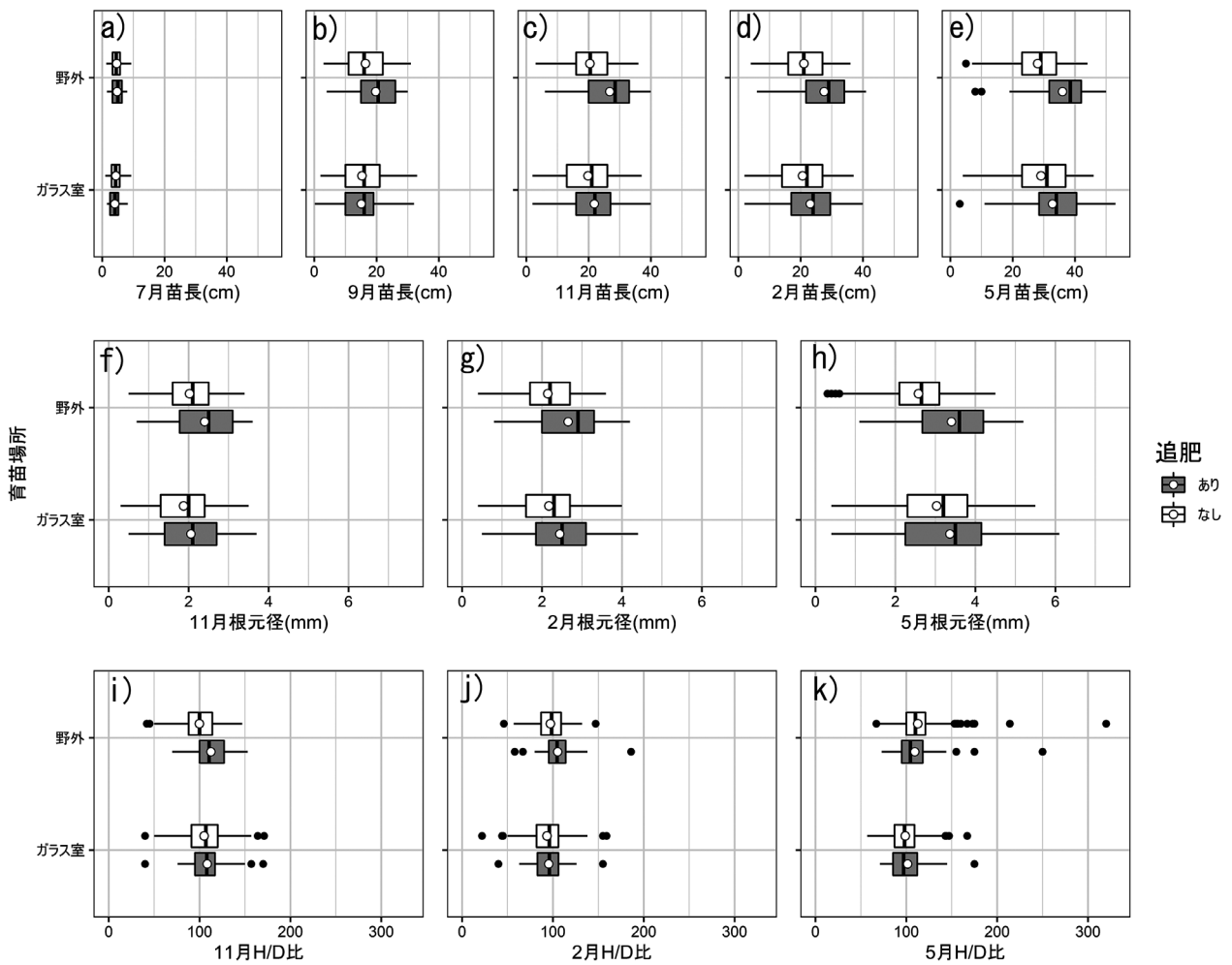


図-1. 2017年試験における寒冷期の育苗場所と追肥の有無ごとの苗長，根元径，およびH/D比。箱中の縦線は中央値，箱の右端は第3四分位点，箱の左端は第1四分位点，右のバーの端は第3四分位点+（第3四分位点-第1四分位点）×1.5までの範囲における最大値，左のバーの端は第1四分位点-（第3四分位点-第1四分位点）×1.5までの範囲における最小値，白抜き点は平均値，黒の点は箱及びバーの範囲外の値をそれぞれ示す。

表-2. 2017年試験における分散分析の結果

計測時期	目的変数	説明変数		
		育苗場所	追肥	交互作用
2018年2月	苗長	野外>ガラス室*	あり>なし***	相乗効果**
	根元径		あり>なし***	
	H/D比	野外>ガラス室***	あり>なし**	
2018年5月	苗長		あり>なし***	相殺効果*
	根元径	野外<ガラス室***	あり>なし***	相殺効果**
	H/D比	野外>ガラス室***		

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

表-3. 2018年試験における供試数, 発芽率, および得苗率

育苗場所	肥料	種子		供試孔数	発芽率 ^{*1} (%)	解析対象個体数 (うち移植個体数)	得苗率(%)		2019年6月時点分散			
		系統	長径				2019年2月時点	2019年6月時点	苗長	根元径	H/D比	
野外	085-360d 10g/L	系統混合	-	80	58	73 (4)	0	68	92.7	0.7	464.3	
	650-360d 10g/L	系統混合	-	120	61	119 (10)	1	82	111.7	0.8	516.5	
	650-360d 10g/L 650-180d 10g/L	系統混合	-	40	68	40 (1)	4	90	99.1	1.1	257.8	
				4-5mm	40	96	40	0	80	75.2	0.5	417.4
			系統混合	3-4mm	40	78	35	0	55	53.8	0.4	277.0
ガラス室	650-360d 10g/L		2-3mm	40	58	34	0	60	87.6	0.7	263.5	
			4-5mm	40	85	40	0	63	64.6	0.6	512.9	
		単一系統	3-4mm	40	73	40	1	65	51.8	0.8	461.1	
			2-3mm	40	3	4	0	10	55.3	0.4	74.1	

*1: 播種粒数に対する発芽が確認された数の割合

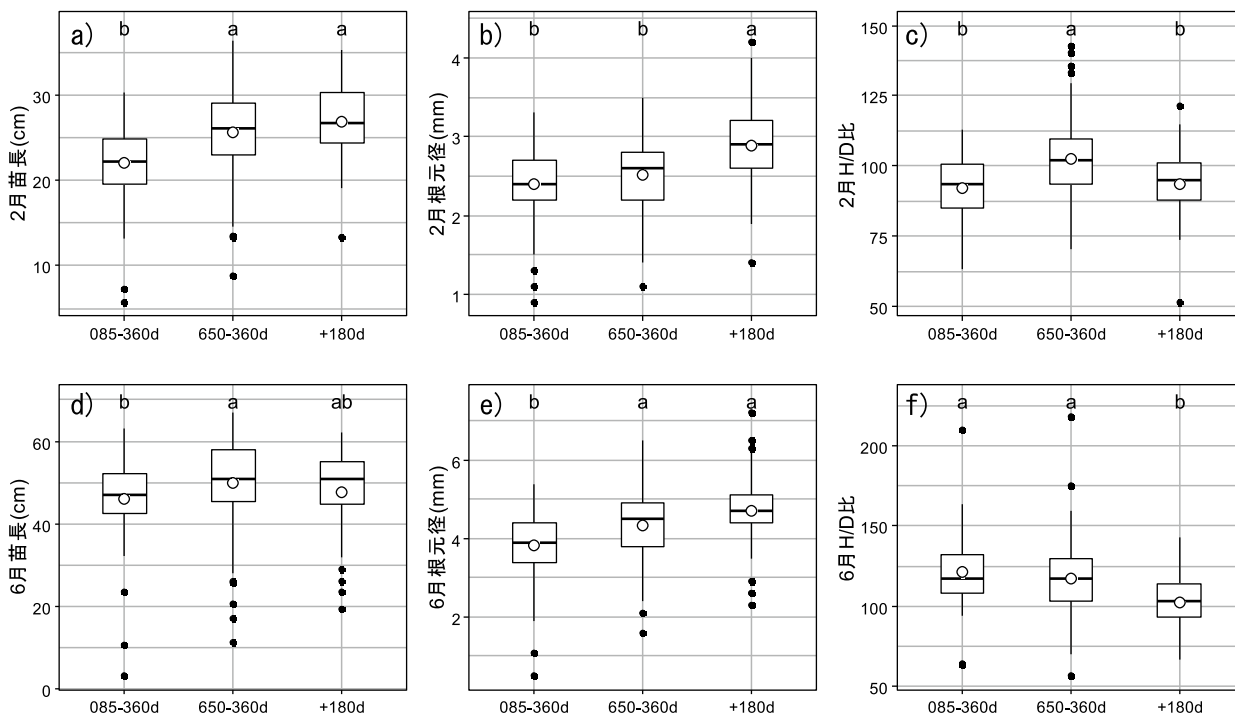


図-2. 2018年試験における施肥タイプごとの苗長, 根元径, およびH/D比. 箱中の横線は中央値, 箱の上端は第3四分位点, 箱の下端は第1四分位点, 上のバーの端は第3四分位点 + (第3四分位点 - 第1四分位点) × 1.5 までの範囲における最大値, 下のバーの端は第1四分位点 - (第3四分位点 - 第1四分位点) × 1.5 までの範囲における最小値, 白抜きの点は平均値, 黒の点は箱及びバーの範囲外の値をそれぞれ示す. 各図において, 異なる英文字間には有意差があることを示す (Tukey-Kramer法: $p < 0.05$).

3. 種子の大きさと系統の違いによる効果

2018年試験の結果より、種子のサイズはいずれの計測時期においても苗長に影響しており（図-3a,b, 表-4）、種子に含まれる貯蔵養分量の違いが発芽後の上長成長の差として表れている可能性が考えられた。種子のサイズは2019年2月時点におけるH/D比にも影響していたが（図-3a, 表-4）、2019年6月時点ではその効果はみられなくなった（図3b, 表-4）。

種子の系統の違いについて、2019年2月時点では苗長とH/D比に対して影響していたが（図-3a, 表-4）、2019年6月時点では影響がみられなくなった（図-3b, 表-4）。一方で、根元径には2019年6月における系統の違いのみが影響しており、単一系統に絞ったことによる系統混合との遺伝的な違いが表れているものと考えられた。また、単一系統の2-3 mm種子の発芽率が極端に低いこと（表-3）についても、単一系統で使用したヒノキ西育2-1号の特徴が表れている可能性が考えられた。

発芽速度の効果については今回確認されなかった（表-4）。しかし、スギコンテナ苗の育苗においては、発芽時期の違いがその後の成長の早さに影響し、個体間の光競争を生じさせることで出荷時期における苗長やH/D比に影響する可能性があると考えられている（原ら2017, 飛田2019）。また、スギでは大きい種子ほど発芽速度が速い（山中2019b）。これらのことから、今回の結果では、種子サイズが発芽速度に影響したために、種子サイズと苗長あるいはH/D比との間に関係がみられており、発芽

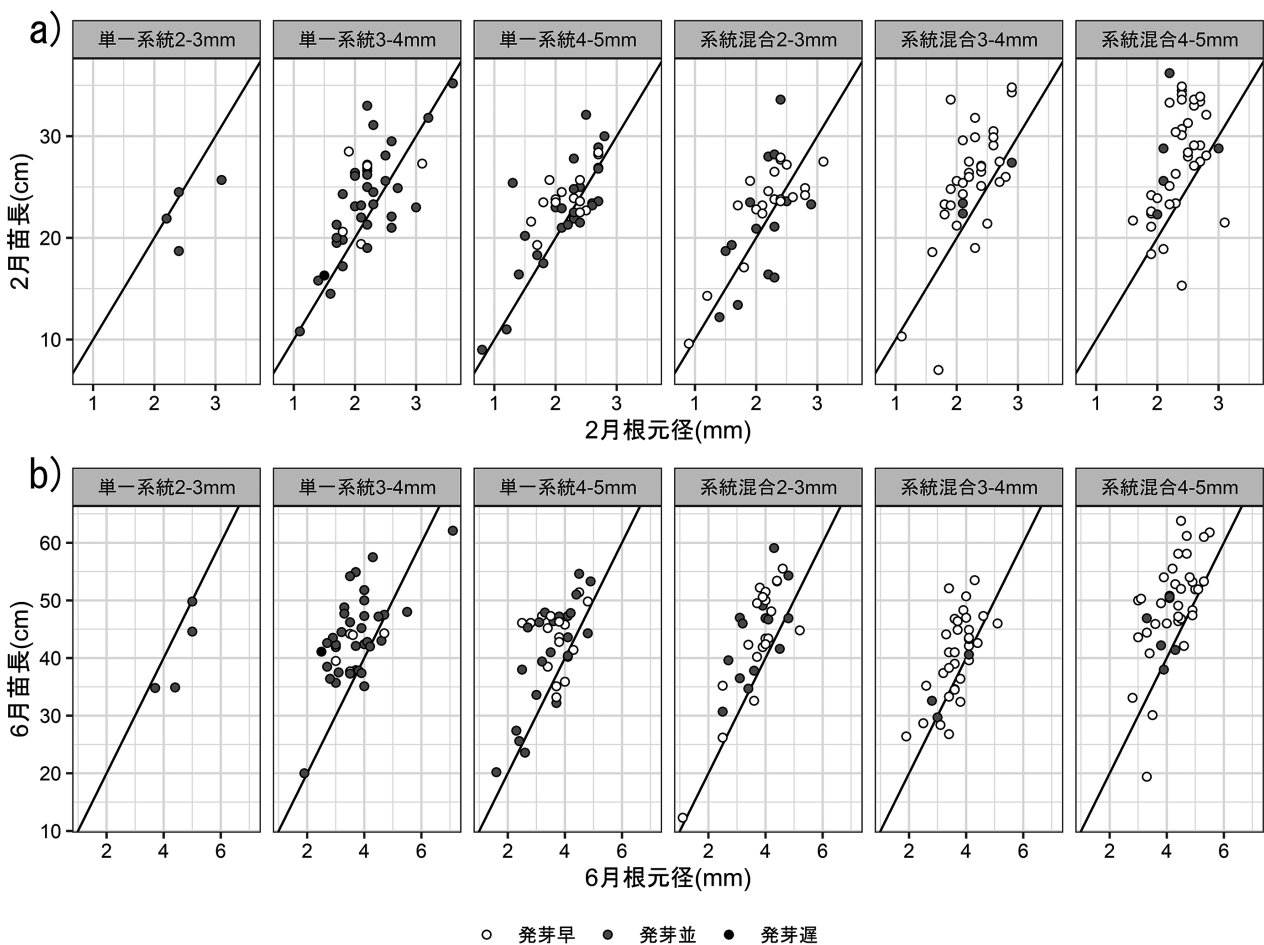


図-3. 2018年試験における種子サイズ、種子系統ごとの苗長と根元径。斜線はH/D比100を示す。

表-4. 2018年試験における分散分析および変数選択の結果

計測時期	目的変数	説明変数		
		種子サイズ	種子系統	発芽速度
2019年2月	苗長	1	2	
	根元径			
	H/D比	1	2	
2019年6月	苗長	1		
	根元径		1	
	H/D比			

表中の数字は、目的変数ごとに、AICを指標とした変数増減法により選択された順番を示す。

速度の効果が確認されなかったのは、発芽早、発芽並、発芽遅の3区分では発芽速度を十分に評価できていなかったためである可能性が考えられた。

得苗率については、系統混合4-5 mmにおいて他よりも高い得苗率がみられた。一般に流通している種子は複数系統を混ぜたものであることから、篩などを使用して粒径の大きい種を選別して使用することが、育苗期間の短縮に資する可能性が考えられた。

おわりに

林木の育苗においては、窒素肥料を多量に施しすぎると苗が徒長しやすくなる（坂口・伊藤1965）と言われており、スギでは、過剰な施肥によるH/D比の増加が確認されている（山中2019a）が、今回の試験においては、施肥量を増やしてもH/D比の増加は顕著ではなく、上長成長と肥大成長の両方に対する促進効果がみられた。また、深堀ら（2017）の例でも、追肥が肥大成長を促進していたことから、施肥の量や時期および成分のさらなる検討を行うことで、より低いH/D比を持ったヒノキコンテナ苗を短期間で生産できる可能性が考えられた。しかしながら、養分処理によってヒノキ1年生実生苗のT/R比（地上部乾重を地下部乾重で除した値）が変化する（城田ら1994）ことや、スギでは過剰な施肥によるT/R比の増加がみられた（山中2019b）ことから、ヒノキコンテナ苗における施肥量とT/R比の関係についても、今後検討が必要になると考えられた。

種子のサイズについては、主に苗の上長成長に影響していたが、今回の調査では、各個体の発芽速度を正確に評価できていない可能性が考えられた。アカマツおよびクロマツの例では、種子のサイズは当年生稚苗の成長には大きく影響するが、1年生稚苗の成長には余り影響しない（三宅・黒川1956）ことから、種子のサイズの効果が発芽後1年後まで持続するとは考えにくく、種子のサイズと発芽速度および苗の成長量についてのさらなる検証が必要と考えられた。

得苗率は各年、各試験区で差がみられ、2018年試験の+180d区や系統混合4-5 mmの2019年6月時点では良好な結果となったことから（表-3）、種子の質または施肥量を調整することで、播種後14か月程度経過した時点で高い得苗率が得られると考えられた。しかしながら、育苗コストの低減を考慮した場合には、春播種して、翌春までに出荷し、空いたスペースでまた春播種するというサイクルが好ましい。これを実現するためには、春播種して当年の秋または翌年の早春に高い割合で得苗できるような育苗手法が必要であり、育苗条件と苗の成長の関係について、さらなる検討が必要と考えられる。

引用文献

- 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
- 深堀惇太郎・清水正俊・森口直哉 (2017) 施肥条件がヒノキコンテナ苗の成長に及ぼす影響. 九森研70: 93-96
- 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
- 三宅 登・黒川卓三 (1956) アカマツ, クロマツの種子の大いさが稚苗の成長に及ぼす影響について. 島根農科大学研究報告4: 87-92
- 茂木靖和・渡邊仁志・上辻久敏・古川敦洋・中嶋 守 (2013) ヒノキコンテナ苗の育成における施肥条件の違いが苗伸長量に及ぼす影響. 岐阜県森林研研報42: 25-29
- 中村松三 (2012) 再造林コストの削減を図るには. 森林技術839: 30-33
- 林野庁 (2020) 令和2年度版森林・林業白書. 全国林業改良普及協会
- 坂口勝美・伊藤清三 (1965) 造林ハンドブック. 養賢堂
- 城田徹央・高橋厚子・玉泉幸一郎・齋藤 明 (1994) ヒノキ1年生実生のT/R比に及ぼす被陰, 施肥, 灌水の影響. 日林九支研論集47: 115-116
- 諏訪鍊平・奥田史郎・山下直子・大原偉樹・奥田裕規・池田則男・細川博之 (2016) 植栽時期の異なるヒノキコンテナ苗の活着と成長. 日林誌98: 176-179
- 田村 明・織田春紀・山田浩雄・福田陽子・矢野慶介・生方正俊・後藤 晋 (2015) ガラス温室内長日処理によるエゾマツ実生コンテナ苗の育苗期間短縮. 日林誌97: 135-142
- 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
- 渡邊仁志・三村晴彦・茂木靖和・千村知博 (2017) 植栽時期がヒノキ・コンテナ苗の活着と植栽後2年間の成長に及ぼす影響. 岐阜県森林研研報46: 1-5
- 八木橋勉・中谷友樹・中原健一・那須野俊・櫃間 岳・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・松本和馬・山田 健・落合幸仁 (2016) スギコンテナ苗と裸苗の成長と形状比の関係. 日林誌98: 139-145
- 山中 豪 (2019a) ガラス室の使用と追肥および育苗密度の違いがスギコンテナ苗の成長に与える影響. 三重県林業研報9: 21-26
- 山中 豪 (2019b) 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. 中森研67: 11-14
- 山中 豪 (2020) 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. 三重県林業研報10: 1-7
- 横田康裕・鹿又秀聡・平野悠一郎・北原文章・齋藤英樹・高橋正義・都築伸行 (2016) 九州地方におけるコンテナ苗生産の課題. 九森研69: 11-17