

速報

九州地域におけるスギ実生コンテナ苗の育成に被陰処理が及ぼす影響^{*1}

松永孝治^{*2}・栗田 学^{*2}・岩泉正和^{*2}・福田有樹^{*2}・大塚次郎^{*2}・
久保田正裕^{*2}・大平峰子^{*3}・木村 恵^{*3}・山野邊太郎^{*3}

松永孝治・栗田 学・岩泉正和・福田有樹・大塚次郎・久保田正裕・大平峰子・木村 恵・山野邊太郎：九州地域におけるスギ実生コンテナ苗の育成に被陰処理が及ぼす影響 九州森林研究 76：103－106, 2023 九州地域におけるスギ実生コンテナ苗の育成時の被陰処理の影響を明らかにするため、屋外に被陰程度の異なる処理区（全光, 30%, 50%, 70%, 90% 被陰区）を設けて、スギ実生コンテナ苗を育成した。3月に50%被陰条件の温室内で種子を播き、発芽した芽生えをコンテナに移植して、同じ温室内で育成した。6月上旬に屋外の被陰処理区にそれらの苗を移動した。移動後すぐの苗高成長は50%被陰区で最も大きく、その後も比較的高い伸長成長を示した。一方、全光下では移動後すぐの苗高成長は低下したが、秋まで成長が持続して、50%被陰区と同程度の苗高に達した。最終的に、全光, 30%被陰, 50%被陰の苗高と地際直径は70%被陰と90%被陰より有意に大きかった。また、50%被陰の形状比は全光および30%被陰に比べて有意に大きかった。

キーワード：遮光, 肥料, 形状比, 得苗

I. はじめに

近年、植栽可能時期が裸苗より長く（山川, 2013）、植栽効率が高い（遠藤, 2007）等の利点からコンテナ苗の生産量が増加している。これらのコンテナ苗の育苗コストの削減を目的として、短期間でコンテナ苗を育成する取組が行われている（藤井, 2016；近藤ら, 2019；大平・松下, 2019；山中, 2019）。九州地域のスギ林業は北部の一部地域を除くとさし木林業が主流であり（宮島, 1989）、スギのコンテナ苗もまた主にさし木によって生産されている（横田, 2016）。そのため、九州地域における実生コンテナ苗の育成に関する知見はほとんどない。

九州育種場はスギの育種事業の中で、第二世代精英樹等の人工交配によって第三世代精英樹の母集団となる実生苗を作出し、育種集団林へ植栽している。現在、育種集団林の設定には苗畑で育成した2年生の裸苗を用いているが、育苗コスト、植栽時の労力や植栽後の活着率を考えれば、これらの苗木をコンテナ苗として短期間で育成するメリットは大きい。

スギ実生コンテナ苗の育成にはいくつかの方法がマニュアルに記載されている。種子を育苗箱に播きつけて、芽生えをコンテナに移植する場合、播種は温室等で行い、その後、日射が少なく気温が高すぎない梅雨にコンテナを屋外へ移動する（森林総合研究所, 2019）。これまでに作成されているスギコンテナ苗の生産マニュアルや研究報告には、スギの芽生えをコンテナに移植した後、屋外へ移動する際に一定期間の寒冷紗による被陰を行ったとする三重県からの報告（山中, 2019）、遮光資材を使用しなくてもよいとする鳥取県からの報告（鳥取県中山間地域研究センター, 2018）、植物の順化状況と環境の組合せによっては日焼けを避け

るために必要とする報告（森林総合研究所, 2019）等がある。

本研究は九州地域におけるスギ実生コンテナ苗生産上の被陰処理の在り方についての知見を得るため、熊本県に所在する九州育種場において、屋外に設置した被陰程度の異なる寒冷紗下でスギ実生コンテナ苗を育成し、被陰の程度がスギ実生コンテナ苗の生存と成長等に及ぼす影響を調べた。

II. 材料と方法

播種：2020年の秋に九州育種場で採集したスギエリートツリーに由来する人工交配種子2家系を用いた。これらの種子は森林総合研究所において赤外分光種子選別機（松田, 2016）を用いてあらかじめ精選した。その後、種子の発芽をそろえるために、2℃で2週間、低温湿層処理した（木村, 2020）。2021年3月15日に熊本県合志市にある森林総合研究所林木育種センター九州育種場（北緯35度52分51.6秒、東経130度44分9.6秒）において、ガラス温室内に設置した育苗箱に播種床用の土（種まき培土、タキイ種苗株式会社、京都）を入れて、2000倍に希釈したベンレートに一晩漬けた種子をまき付け、細粒の鹿沼土で覆土した。その後、播種床の表面が乾かないように、毎日1回の灌水を行った。このガラス温室内は約50%の遮光条件下にあった。

芽生えの移植：2021年4月16日、ココナツハスク（株式会社トップ、ココピートオールド）に緩効性肥料（ジェイカムアグリ株式会社、マイクロングトータル280、N-P₂O₅-K₂O=12-8-10、肥効期間100日、20g/L）と苦土石灰（4g/L）を入れて十分に攪拌し、5つのコンテナ（JFA150）に充填した。JFA150は150mlのセルが5行×8列で配置されている。そこで、各コンテ

^{*1} Matsunaga, K., Kurita, M., Iwaizumi, M.G., Fukuda, Y., Otsuka, J., Kubota, M., Ohira, M., Kimura, M. and Yamanobe, T.: Effect of shading on the growth of *Cryptomeria japonica* seedlings in a container in Kyushu.

^{*2} 森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター九州育種場 Kyushu Regional Breed. Office, Forest Tree Breed. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Forest Res. Man. Org., Koshi, Kumamoto 861-1102 Japan

^{*3} 森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター Forest Tree Breed. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Forest Res. Man. Org., Hitachi, Ibaraki 319-1301 Japan

ナについて各家系の芽生え 10 本 (5 行×2 列) を 1 単位として 2 反復するように移植した。芽生えを合計 5 つのコンテナに移植した後、これらのコンテナを遮光率約 50 % のガラス温室内の高さ 1 m の網台上に設置して、ミスト装置で灌水を行った (12 回/日、各 5 分)。

被陰処理と養苗: 2021 年 6 月 4 日に屋外に高さ 1 m の網台 (長さ 1.8 m×幅 1 m) を 5 つ設置して、そのそれぞれに、一つずつコンテナを移動した。4 つの網台の上方 1 m に被陰の程度が異なる寒冷紗 (30, 50, 70, 90 % 被陰区) を設置した。残りの網台には寒冷紗を設置せず、直射日光が当たる全光区とした。散水用のチューブ (住化農業資材株式会社, スミサンスイ, M-03,) を各コンテナの両側に這わせて、毎日夕方 1 回 30 分間灌水した。2022 年 7 月 1 日に各ウエルに 4 g の緩効性肥料 (ジェイカムアグリ株式会社, ハイコントロール 085, N-P₂O₅-K₂O = 10-8-15, 肥効期間 100 日) を追肥した。また、病害や虫害などの各種の被害が生じた場合は、それを記録し、苗木が枯損した場合はコンテナから取り除いた。

測定: 4 月から 9 月まで月末に、その後、11 月 10 日及び 3 月 11 日に各苗の苗高を測定した。そして毎回の苗高の測定値から前回の測定値を引いて、各苗の苗高の期間成長量を算出した。また、9 月末及び 3 月 11 日に、電子ノギスを用いて各苗の地際直径を測定した。3 月の苗高が 30 cm 以上かつ、地際直径が 3.5 mm 以上に達した苗木を規格 (林野庁のコンテナ苗の 5 号苗の規格) に達したとして、規格到達率を次の式に従って各被陰段階ごとに算出した。規格到達率 = (規格に到達した苗数 / コンテナに移植した苗数)。3 月の苗高を 3 月の地際直径で割り、形状比を算出した。

統計解析: 寒冷紗による被陰処理の違いが 3 月の苗高、地際直径、形状比、及び各時期の苗高の期間成長量に影響しているかどうか明らかにするために、それらの値を目的変数、被陰処理の違いを固定効果の説明変数、家系の違いを変量効果の説明変数とした線形混合モデルを用いて解析を行った。また、規格到達率に、寒冷紗による被陰処理の違いが影響しているかどうか明らかにするために、規格に到達したかどうかの 2 値変数を目的変数、被陰処理の違いを固定効果の説明変数、家系の違いを變量効果の説明変数とした一般化線形混合モデルを用いて解析を行った。この時、誤差に二項分布を仮定し、リンク関数はロジットとした。これらの解析には R. 4.2.1 (R Core Team, 2022) の lme4 パッケージの lmer 関数と glmer 関数を用いた (Bates *et al.*, 2015)。また、線形混合モデルの固定効果の有意性は lmerTest パッケージによる Satterthwaite の方法による自由度に基づいて検定した

(Kuznetsova *et al.*, 2017)。一般化線形混合モデルにおける固定効果の有意性は Wald Z test に基づいて検定した。固定効果の水準間の多重比較は multcomp パッケージの glht 関数を用いて、Tukey の方法によって 5 % 水準で行った (Hotorn *et al.*, 2008)。

Ⅲ. 結果

育苗期間中に各被陰処理区で 2 本から 4 本の苗木が枯損した (表-1)。枯損の発生と被陰処理の関連は明確でなかった。また、育苗期間中に 30 % 被陰区で 2 本、70 % と 90 % 被陰区でそれぞれ 1 本の苗の主軸が折れた。これらの苗木の主軸の折れが生じた原因は不明であった。苗高、直径、期間生長量の解析はこれらの枯損、主軸折れの苗木を除いて行った。

表-1 各被陰処理における実生苗の枯損数等

被陰処理	移植数	枯損数	主軸折れ等
全光	40	2	0
30%	40	2	2
50%	40	4	0
70%	40	3	1
90%	40	3	1
全体	200	14	4

屋外にコンテナを移動する前の 5 月の苗木の平均苗高は全光区で最小の 3.34±0.97 cm、70 % 被陰区で最大の 3.61±1.04 cm となり、処理区間でほとんど違いはなかった (図-1, 表-2)。6 月以降、50 % 被陰区で平均苗高が最も大きい傾向があった。6 月は全光区において最も平均苗高が低く、7 月は全光区、70 % 及び 90 % 被陰区において平均苗高が低く、8 月以降は 70 % 及び 90 % 被陰区において平均苗高が低い傾向があった。

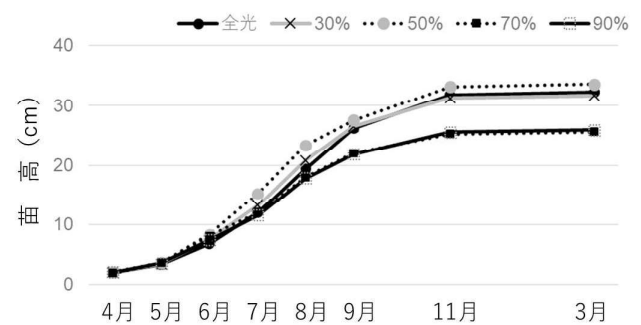


図-1 被陰程度の異なる寒冷紗の下で育成したスギ実生コンテナ苗木の苗高の変化

表-2 被陰程度の異なる寒冷紗の下で育成したスギ実生コンテナ苗木の苗高の変化

被陰処理	苗高 (平均値±標準偏差) (cm)							
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	11月	3月
全光	2.03±0.70	3.34±0.97	6.79±1.78	11.94±3.12	19.35±4.63	26.16±4.97	31.84±6.80	32.27±6.98a
30%	2.04±0.73	3.43±0.92	7.44±1.77	13.22±2.90	20.84±3.62	26.52±4.20	31.27±4.99	31.72±4.91a
50%	2.08±0.81	3.61±1.04	8.32±2.06	15.22±3.87	23.41±4.95	27.56±4.77	33.24±5.37	33.58±5.29a
70%	1.92±0.70	3.60±1.02	8.04±1.90	11.99±3.23	18.02±3.81	22.08±4.51	25.28±5.18	25.61±5.26b
90%	2.06±0.65	3.57±1.15	7.38±2.19	11.52±2.93	17.83±3.57	21.84±4.42	25.56±4.80	25.92±4.71b
総計	2.03±0.71	3.51±1.02	7.58±2.00	12.77±3.46	19.89±4.60	24.84±5.13	29.45±6.36	29.85±6.40

異なる文字がついた平均値は5%水準で有意に異なる

表-3 被陰程度の異なる寒冷紗の下で育成したスギ実生コンテナ苗木の期間別苗高成長量

被陰処理	月別成長量 (平均値±標準偏差) (cm)						
	4-5月	5-6月	6-7月	7-8月	8-9月	9-11月	11-3月
全光	1.4±0.5 b	3.4±1.1 c	5.2±1.7 bc	7.4±2.4 ab	6.8±2.0 a	5.7±2.7 a	0.4±0.9 a
30%	1.4±0.5 b	4.0±1.2 ac	5.8±1.4 b	7.6±1.7 a	5.7±2.4 a	4.7±2.3 ab	0.5±0.9 a
50%	1.5±0.5 ab	4.7±1.3 a	6.9±2.1 a	8.2±1.8 a	4.1±2.4 b	5.6±1.7 a	0.3±0.8 a
70%	1.7±0.5 a	4.4±1.2 ab	3.9±1.7 d	6.0±1.1 c	4.1±1.5 b	3.2±1.5 c	0.3±0.6 a
90%	1.5±0.7 ab	3.8±1.4 bc	4.1±1.5 cd	6.3±1.4 bc	4.0±1.5 b	3.7±1.5 bc	0.4±0.6 a
総計	1.5±0.6	4.1±1.3	5.2±2.0	7.1±1.9	5.0±2.3	4.6±2.2	0.4±0.8

異なる文字がついた同じ列の平均値は5%水準で有意に異なる

3月の苗高についての線形混合モデルによって、被陰処理は苗高に有意に影響しており、多重比較によって、全光区、30%被陰区及び50%被陰区は70%被陰区及び90%被陰区に対して有意に苗高が高いことが示された(表-2)。

全体の月別の苗高成長量を見ると、5月から8月までは期間成長量の平均値は1.5±0.6cmから7.1±1.9cmへと増加した(表-3)。その後、期間成長量は減少し、11月から3月の間の平均成長量は0.4±0.8cmと非常に小さかった。処理区ごとに成長量を見ると、温室から屋外に出した直後の6月から8月の間は50%被陰区が最も大きく、9月と10月は全光区が最も大きかった。11月から3月の成長量は処理区間で差がなかった。

地際直径の全体平均は9月と3月においてそれぞれ、3.6±0.8mm、4.1±0.9mmであった(表-4)。処理区別にみると全光区と30%被陰区で地際直径が大きく、70%被陰区と90%被陰区で小さい傾向があった。3月の地際直径は全光区、30%被陰区及び50%被陰区において70%被陰区と90%被陰区より有意に大きかった。

3月における全体の平均形状比は74.4±13.4であった。処理区別にみると、50%被陰処理の形状比は全光区と30%被陰区の形状比より有意に大きかった(表-4)。

表-4 被陰程度の異なる寒冷紗の下で育成したスギ実生コンテナ苗木の地際直径と形状比

被陰処理	地際直径(平均値±標準偏差)(mm)		形状比 (平均値±標準偏差)
	9月	3月	
全光	4.08±0.60	4.52±0.81 a	72.0±13.7 b
30%	4.12±0.72	4.52±0.86 a	71.6±14.8 b
50%	3.60±0.68	4.19±0.75 a	81.5±12.9 a
70%	3.19±0.64	3.54±0.77 b	73.3±10.5 ab
90%	2.92±0.50	3.56±0.67 b	73.9±12.8 ab
総計	3.59±0.79	4.07±0.88	74.4±13.4

異なる文字がついた同じ列の平均値は5%水準で有意に異なる

3月の時点で高さ30以上に達していた苗木の本数は全光区から被陰の程度の順に並べると、24、20、25、8、6本となり、50%被陰区で最も本数が多いことを除けば、被陰が強い処理区で本数が少なくなる傾向があった(表-5)。3月の時点で地際直径が3.5mm以上に達していた苗木の本数は全光区から被陰の程度の順に並べると、33、33、28、22、20本となり被陰が強い処理区で本数が少なくなる傾向があった。全体として30cm以上の苗数は83本、地際直径が3.5mm以上の苗数は136本とな

り、苗高の規格を満たす苗の方が少なかった。結果として、全体で76本(38%)の苗が苗高と地際直径の規格を満たした。被陰処理別にみると、全光区と50%被陰区の規格到達率は70%被陰区及び90%被陰区の規格到達率より有意に大きかった。

表-5 被陰程度の異なる寒冷紗の下で育成したスギコンテナ苗の規格到達率

処理	移植数	苗高30cm 以上の苗数	直径3.5mm 以上の苗数	規格に到達 した苗数	規格到 達率(%)
全光	40	24	33	23	58 a
30%	40	20	33	19	48 ab
50%	40	25	28	22	55 a
70%	40	8	22	7	18 bc
90%	40	6	20	5	13 c
全体	200	83	136	76	38

異なる文字がついた規格到達率は5%水準で有意に異なる

IV. 考察

今回の実験では、全光区、30%被陰区及び50%被陰区のスギ実生コンテナ苗の最終的な苗高と地際直径は70%被陰区及び90%被陰区に比べ大きかった。また、一般に苗木の形状比は低い方がよいと考えられているが、最終的な形状比は全光区と30%被陰区で低く、50%被陰区で相対的に高くなった。

温室からコンテナを屋外へ出した後の6月、7月において、月別の苗高成長量は50%被陰区で全光区に比べて有意に大きかった。一方、9月には全光区の成長量は50%被陰区より有意に大きかった。今回の実験では、実験期間中は寒冷紗の処理を変更しなかったが、実際の養苗においては途中で被陰の程度を変更することができる。今回の実験結果からは温室から屋外へ苗を出す時期には50%程度の寒冷紗を設置し、その後、被陰程度を30%へ下げたり、寒冷紗を取り除いて全光下で育苗することで、サイズが大きく、形状比の低い苗木を育成できる可能性が示唆された。

今回の実験では2022年3月の苗を見てみると、全光区、30%被陰区及び50%被陰区において規格到達率が、48から58%であった。茨城県で大平・松下(2019)は、気候等の環境条件に違いはあるが、本研究とほぼ同じ条件でより高い規格到達率69%を示している。今回用いた元肥、追肥の肥効期間は100日であるが、これは平均土壌温度25℃の条件下において80%の窒素が溶出するまでに経過する期間を示している(ジェイカムアグリ株式会社, 2021)。気象庁ホームページ上の過去気象データによる

と熊本県菊池観測所の2021年7月から9月の月平均気温はそれぞれ27.4、26.3、25.3℃で、25℃を越えていた(気象庁ホームページ, 2021)。また、緩効性肥料を用いたコンテナ苗の育成は自動灌水によって多めに灌水を行った場合に、肥料が想定より多く溶出し、肥効期間より短い期間で肥料切れになる場合があることが知られている(森林総合研究所, 2019)。そのため、本研究では育苗期間中に肥料が切れていた可能性も考えられる。今後はより肥効期間が長い肥料を使う等、施肥方法の改良が規格到達率を向上させる方法の一つであると考えられた。また、本研究は2021年3月15日に種子を播種していたが、より早い時期に播種することで、成長期間をより長く確保できる可能性もある。

本研究は九州地域において、スギ実生コンテナ苗を一年間で育成できることを示した。また、本研究は九州地域においてコンテナを屋外に移動した際に、寒冷紗等で遮光しなくとも、スギ実生コンテナ苗を育成できる場合があることも示した。実生コンテナ苗の育成にはコンテナへの直接播種や、屋外での播種等様々な方法がとられている。最適な育苗方法を更に検討したい。

V. 謝辞

本研究は農林水産省による戦略的プロジェクト研究推進事業「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」による支援を受けました。また、森林総合研究所の飛田博順博士には種子の選別にご協力頂きました。芽生えの移植、苗木の調査には九州育種場の非常勤職員の方々にご協力を頂きました。この場をお借りして御礼申し上げます。

引用文献

- Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S(2015)“Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4.” *Journal of Statistical Software*, 67(1):1-48
- 遠藤利明(2007)コンテナ苗の技術について *山林* 7:60-68
- 藤井栄(2016)実生スギコンテナ苗生産期間短縮の試み 徳島県立農林水産総合技術センター研究報告 3:15-20
- Hothorn T, Bretz F, Westfall P(2008)“Simultaneous Inference in

General Parametric Models.” *Biometrical Journal* 50 (3):346-363

ジェイカムアグリ株式会社(2021)シリーズ別機能説明

URL:<https://www.jcam-agri.co.jp/series/index.html> (2022年10月25日アクセス)

木村恵・大平峰子・山野遼太郎(2020)気温と低温湿層処理がスギの発芽に及ぼす影響 日本森林学会大会発表データベース 131:P2-110

気象庁ホームページ(2021)菊地2021年(月ごとの値)

URL:https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_a1.php?prec_no=86&block_no=0835&year=2021&month=&day=&view= (2022年10月25日アクセス)

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-秋季にコンテナ容器へ直播する方法-静岡県農林技術研究所報告 12:41-46

Kuznetsova A, Brockhoff PB, Christensen RHB(2017)“lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models.” *Journal of Statistical Software* 82(13):1-26

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

宮島寛(1989)九州のスギとヒノキ, 275 pp, 九州大学出版会, 福岡

R Core Team(2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL:<https://www.R-project.org/>

森林総合研究所(2019)育苗中困ったなという時に-コンテナ苗病例集-, 34 pp, 森林総合研究所, つくば

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 日本森林学会誌 95:214-219

山中豪(2019)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

横田康裕・鹿又秀聡・平野悠一郎・北原文章・斎藤英樹・高橋正義・都築伸行(2016)九州地方におけるコンテナ苗木生産の課題 九州森林研究 69:11-17

(2022年11月21日受付;2022年12月28日受理)