

## スギコンテナ苗の成長に及ぼす育苗時の追肥の影響

飛田博順<sup>1</sup>・上村章<sup>1</sup>・大平峰子<sup>2</sup>・山野遼太郎<sup>2</sup>・才木真太郎<sup>1</sup>・香山雅純<sup>1</sup>・原山尚徳<sup>1</sup>

1 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所

2 国立研究開発法人森林研究・整備機構林木育種センター

**要旨：**追肥の量に加えて、追肥の時期や種類がスギコンテナ苗（300cc リブ型）の成長に及ぼす影響を明らかにすることを目的にスギコンテナ苗育成における追肥試験を行った。追肥試験1では、母樹の明らかな8家系の実生を用いて量（多い・少ない）と時期（9月上旬・10月上旬）を組み合わせた4処理を設定した。追肥試験2では、少花粉スギ種子を用いて試験1の処理に2種類の肥料を組み合わせた8処理を設定した。試験1では、苗高に対して量と時期の効果、地際直径に対して量と時期の効果が見られた。家系によらず10月上旬の追肥により伸長成長を抑えて、9月上旬の追肥と同程度まで肥大成長が促進されることが分かった。試験2では、9月上旬に、量を多く、相対的にカリウム配分が多い種類の追肥を行うことで伸長と肥大成長が促進されることが分かった。

**キーワード：**追肥時期、形状比、根鉢形成

**Effect of additional fertilization at the time of growth on the growth of *Cryptomeria japonica* container seedlings**

Hiroyuki TOBITA<sup>1</sup>, Akira UEMURA<sup>1</sup>, Mineko OHIRA<sup>2</sup>, Taro YAMANOBE<sup>2</sup>, Shin-Taro SAIKI<sup>1</sup>,  
Masazumi KAYAMA<sup>1</sup>, Hisanori HARAYAMA<sup>1</sup>

1, Forestry and Forest Products Research Institute, Matsunosato 1, Tsukuba 305-8687, Japan

2, Forest Tree Breeding Center, FFPRI, ishi 3809-1, juo, Hitachi 319-1301, Japan

**Abstract:** Two tests were conducted to determine the effect of the timing and type of fertilization on the growth of *Cryptomeria japonica* container seedlings (300 cc ribbed) in addition to the amount of fertilizer applied. In Test 1, four treatments (high and low) and timing (early September and early October) were applied to eight family lineage seedlings which the mother trees is obvious. In the fertilization test 2, eight treatments were set up for seedlings derived from mixed low-pollen seeds of *Cryptomeria japonica* by adding two different fertilizer treatments to those in test 1. In test 1, regardless of clones, fertilization in early October suppressed elongation growth and promoted hypertrophic growth to the same extent as early September fertilization. In Test 2, it was found that adding more fertilizer with relatively high potassium content in early September enhanced elongation and growth.

**Key-word:** timing of additional fertilization, comparative seedling height, formation of root bowl

## I はじめに

再造林の低コスト化のために、労務費の比重の高い下刈り回数の削減が効果的である。植栽木の初期成長の促進は、競合植生との関係から下刈り回数の削減に寄与する。そのための一つの育苗技術として、徒長させることなく樹体の養分状態を改善し、翌春の初期成長を促進する追肥方法の探索を行っている。これまでに、伸長成長が9割程度終了した9月下旬の追肥により、1. 大幅な徒長を生じることなく、翌春までの肥大成長が促進され、2. 翌春の針葉の光合成能力が高まり、植栽後も6月中旬まで処理間差が見られ、3. 植栽時の初期成長が促進され、

その差は2年間維持されることを示した(6)。この試験は精英樹1家系の結果であったため、他の家系でも同様の応答を示すのか明らかにする必要がある(4)。また、8月下旬の追肥では伸長成長が促進されている(4)ことから、追肥の時期の違いによる成長応答への影響を明らかにする必要がある。そこで本研究では、母樹の明らかな8家系の実生を用いて2つの時期の追肥に対する応答を調べた(追肥試験1)。生育後期の追肥には、組織を堅くし低温順化を促進することから、肥料のNPK配分でKの配分が多い種類が用いられる場合がある(4,6)。そこ

で本研究では、追肥の種類を調べるために、NPK配分の異なる2種類の追肥に対する応答を調べた(追肥試験2)。また、根系の発達を比較するために、コンテナ苗の根鉢表面に出ている根が占める面積の割合の評価を試みた。

## II 材料と方法

1. 育苗方法 森林総合研究所(茨城県つくば市)の実験林苗畑(36°00'N, 140°08'E, 20 m a.s.l.)においてコンテナ育苗の2種類の追肥試験を実施した。

追肥試験1: 材料は、林木育種センター(茨城県日立市)の温室において育苗箱に2019年4月上旬に播種し発芽させたスギ8家系(精英樹の自然交配4家系およびエリートツリーを母樹とする人工交配4家系)の実生を用いた。2019年5月28日にコンテナ(300 cc リブ型, JFA-300)に実生を移植し、ビニールハウスで育苗した。培地はヤシ殻破砕物(トップココピートオールド, トップ(株), 東京)を用いた。灌水は、スプリンクラーにより、毎日朝夕30分与えた。9月は毎日朝のみ、10月は隔日で朝のみ与えた。移植後は寒冷紗(50%遮光)で庇陰し、2019年6月27日の曇天下で解除した。飛田ら(6)と同様、遠藤・山田(1)に記載の方法で培地を詰めた。培地密度が高過ぎることによる成長への負の影響についても検討されているが、以前、培地密度を低くして実生移植により育苗した際に培地の流出が起きたため、本試験では培地の圧縮充填を約1.2倍とした。元肥は、2019年5月28日に緩効性肥料(ハイコントロール650-100, N-P-K 16-5-10, 100日タイプ, ジェイカムアグリ(株), 東京, 以下「650」)を、一孔につき1.8g(6g/培地1Lに相当)培地表面上に播いた。追肥は量と時期の処理を施した。量は、前回の試験(6)と同様、元肥と同量の1.8g/苗を与える区(多い:H)と、元肥の10分の1の量を与える区(少ない:L)を設定した。追肥の時期は、元肥の肥効期間内の9月2日(早い:E)と、飛田ら(6)と同時期に相当する10月4日(遅い:L)に設定した。4処理について、各処理2コンテナ(48本)育苗した。毛苗本数に制限があったため、各コンテナに8家系の苗を3本ずつ混植した(6本/処理/家系)。

追肥試験2: 材料は、茨城県の少花粉スギ採種園産の種子を、森林総研の育苗ハウスで育苗箱に2019年4月12日に播種し発芽させた実生を用いた。追肥試験1と同様、2019年5月28日にコンテナに実生を移植し、ビニールハウスで育苗した。育苗方法は追肥試験1と同様である。追肥は、処理は、追肥の種類2通り(ハイコントロール085 N-P-K 10-18-15, 100日タイプ, ジェイカムア

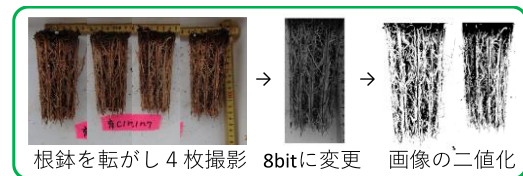


図-1. 根鉢表面の根の画像解析の手順

Fig.1 Procedure for image analysis of roots on the surface of the root bowl.

グリ(株), 東京; 微量元素を含む, 以下「085」及び650)と、追肥試験1の追肥の量と時期の4処理を総当たりで組み合わせた8通りとした。8処理について、各処理2コンテナ(48本)育苗した。

両試験とも冬期もハウス内で育苗したため、温度が上がり過ぎないように、ハウスの上部、側面、前後の入り口を開放状態にした。各処理2コンテナを南北に配置した。東西方向で、定期的にコンテナの位置を移動させた。

2. 調査項目 毛苗移植後2019年6月から約1ヶ月ごとに2019年12月まで苗高を測定した。2019年12月と2020年3月に地際直径を測定した。2020年4月に苗畑に植栽した残りの個体について、2020年5月24日から30日にかけて収穫を行なった(追肥試験1では2本/処理/家系(1本の場合もあり)、追肥試験2では4-5本/処理)。苗高と地際直径を測定した後、主軸、枝(主軸以外全て。針葉に相当すると考える)、根に分けて、70°Cで乾燥させ重量を測定した。根鉢形成を評価するために、収穫した全個体について、デジタルカメラで根鉢表面の写真を撮影した(図-1)。各個体、根鉢を約1周転がす間に4枚撮影した。4枚の画像中で、根鉢の画像が重複する部分も生じた。画像解析ソフト(Image-J)を用いて根鉢表面における根の占める割合を測定した。8bitの画像に変換し、写真の画像と照らし合わせながら、二値化の閾値を決め、画像の根鉢の面積に対して根の占める割合を算出した。4枚の値の平均値を個体の値とした。

3. 統計解析 苗高と地際直径と形状比を目的変数、追肥の時期と量、苗木の家系(追肥試験1のみ)、追肥の種類(追肥試験2のみ)、を固定効果、コンテナ内の苗の位置(外側から内側)と方位(南側から北側)をランダム効果に設定して、一般化線形混合モデルにより解析した(Rver. 4.0.3)。育苗条件の検討を目的とした解析のため、家系をランダム効果として、育苗条件の効果を解析した。正規分布を仮定し、lme4パッケージの関数lmerを使用した。結果を、carパッケージの関数Anovaで解析し、処理間差があればmultcompパッケージの関数glhtで多重比較を行った。

III 結果と考察

**追肥試験 1** 追肥時の樹高は、2019年12月の伸長終了時の樹高に対して、早い追肥が53~57%、遅い追肥が81~87%の高さであった(図-2)。2019年12月の苗高には、追肥の量 ( $p < 0.0001$ ) と時期 ( $p = 0.016$ ) の効果があり、追肥を早期に多く行うことで苗高が高くなった。地際直径には、追肥の時期の効果はなく、追肥量の効果のみみられた(12月(平均値(標準誤差): EH 0.30 cm (0.011); EL 0.27 cm (0.009); LH 0.28 cm (0.010); LL 0.26 cm (0.008)) :  $p = 0.003$ , 3月(図-3) :  $p < 0.0001$ )。追肥量が多い場合に、2019年12月から翌3月かけて肥大成長が促進されることが確認された。3月の形状比(苗高/地際直径)(平均値(標準誤差): EH 78.5 (1.5); EL 76.6 (1.4); LH 74.4 (1.6); LL 73.9 (1.7)) では、追肥時期の効果のみ示し ( $p = 0.01$ )、追肥時期が早い方が形状比が高くなった。9月上旬の追肥により伸長成長が促進されること、10月上旬の追肥では、苗高の成長を抑制しつつ、9月上旬の追肥と同程度まで翌春までの肥大成長を促進させること、以上の応答が家系によらず同様にみられること、が明らかになった。大平ら(4)も、多くのスギの家系で、施肥に対する応答に差がなかったことを報告している。

**追肥試験 2** 追肥時の樹高は、2019年12月の伸長終了時の樹高に対して、早い追肥が46~58%、遅い追肥が78~88%の高さであった(図-4)。2019年12月の苗高では、追肥の量と時期と種類の3要因間の交互作用効果があり、遅い追肥では量と種類の処理間差が少なく、早い追肥では量と種類の処理間差が大きかった。地際直径では、2019年12月(平均値(標準誤差) EH650 0.27 cm (0.007); EL650 0.24 cm (0.009); LH650 0.23 cm (0.007); LL650 0.24 cm (0.008); EH085 0.29 cm (0.008); EL085 0.25 cm (0.009); LH085 0.24 cm (0.007); LL085 0.23 cm (0.008)) には量と時期 ( $p = 0.007$ ) と量と種類 ( $p = 0.03$ ) の交互作用効果が見られ、2020年3月(平均値(標準誤差): EH650 0.32 cm (0.009); EL650 0.27 cm (0.010); LH650 0.28 cm (0.009); LL650 0.28 cm (0.011); EH085 0.35 cm (0.011); EL085 0.28 cm (0.011); LH085 0.29 cm (0.008); LL085 0.26 cm (0.010)) には3要因間の交互作用効果が見られた。早い時期に、カリウム配分が相対的に多いハイコントロール085を、多く施肥した場合に、伸長成長と肥大成長の両方が促進された。形状比では、2019年12月には追肥量と時期 ( $p = 0.008$ ) の交互作用効果があったが、冬期間の肥大成長の結果、3月の形状比(平均値(標準誤差): EH650 75.1 (1.4); EL650 75.7 (1.8); LH650 72.5 (1.3); LL650 76.0 (1.7); EH085 75.8 (1.6); EL085 74.5 (1.5); LH085 70.9 (1.5); LL085 74.0 (1.6)) には明瞭な処理間差が見られな

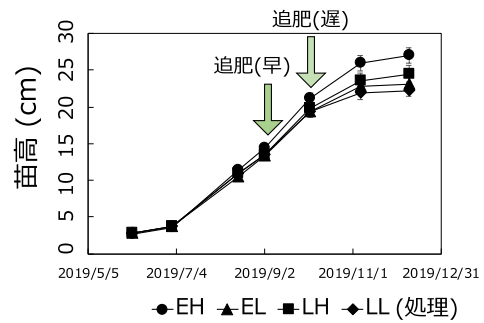


図-2. 追肥試験1の各処理の苗高の変化。棒は標準誤差 (n = 48)。矢印は、追肥した時期を示す。EH 早い-多い; EL 早い-少ない; LH 遅い-多い; LL 遅い-少ない; 家系はまとめて示した。

Fig.2 Changes in seedling height for each treatment in additional fertilization test 1.

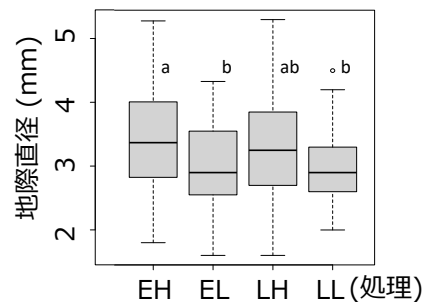


図-3. 追肥試験1の3月時点の各処理の地際直径。処理の略称は図-2と同じ。異なるアルファベットは多重比較の結果を示す ( $p < 0.05$ )。家系はまとめて示した。

Fig.3 Changes in seedling diameter for each treatment in additional fertilization test 1

った。生育後期には、カリウム配分が多い肥料の方が望ましいという大平ら(4)のスギでの報告を支持する結果となった。2つの試験から、スギは秋季にも成長が見られる樹種であるが、追肥の量や時期・種類により、成長量に違いが生じることが示唆された。スギコンテナ苗の成長は、元肥(NPK=12:8:10の緩効性肥料)量が10-12g/培地1Lまでは肥料の増加に伴い促進された(4)。本研究の元肥量は遠藤ら(1)に準じた6g/L相当量(NPK=16:5:10の緩効性肥料)であるが、ヒノキコンテナ苗の場合でも、遠藤ら(1)の施肥量より多い施肥量で成長量の増加が報告されている(3)。以上より、本研究は元肥量が少ない状況での追肥試験という位置付けとなる。追肥量(多い処理で1.8g/苗)についても同様で、4.5g/苗までの追肥によりスギコンテナ苗の肥大成長が促進され

た(4)ため、本試験は少ない追肥量での育苗試験という位置付けとなる。両方の追肥試験で、3月までにコンテナ苗の規格に達する個体は少なかった。播種時期の遅さが一つの原因に挙げられるが、施肥量の少なさも影響していると考えられる。実際の育苗では、1-2ヶ月スケジュールを早め、施肥量を多くすることが必要と考える。

**収穫したコンテナ苗の形状** 個体重量と枝重量、根重量の関係では、顕著な処理間差は見られなかった(データを示していない)。追肥の量や種類の違いによる個体サイズとバイオマス配分の変化は生じなかったことが示唆された。

**コンテナ苗の根鉢表面の根の割合** 根鉢表面の根の占める割合は5%から70%の範囲と評価され、根鉢表面の根の割合は、地際直径が大きいほど高くなった(図-5上)。またこの関係は、2つの試験の処理や家系によらず、同様の関係を示した。根鉢表面の根の割合の上昇に伴い根重量が増加した(図-5下)ことから、根の量の違いにより、根鉢表面まで達する根量が左右され、根鉢表面の根の割合が大幅に変動したと考える。齋藤ら(5)も根重量の増大に伴う根鉢表面の根の分布の変化について考察している。根鉢表面の根の割合が40%以上になると根重量のばらつきが大きくなる傾向を示し、特に、追肥量が少ない場合に、根鉢表面の根の割合に対する根重量の割合が高い傾向が見られた(図-5下)。根鉢内での根の伸長様式が肥料の多寡により異なるのかもしれない。なお、本試験では生育期間を通じて充分量の灌水を行なったため、根鉢形成へ及ぼす水分条件の影響はなかったと考える。地際直径から根鉢表面の根の占める割合を推定することで、植栽時の初期成長に影響を及ぼす一つの要因として根鉢形成を考慮することが可能となると考える。

**謝辞** 本研究は、農林水産省委託プロジェクト「成長に優れた苗木を活用した施肥モデルの開発」の支援を受けて行われた。

### 引用文献

- (1) 遠藤利明・山田健(2009) JFA150 コンテナ苗育苗・植栽マニュアル. 平成20年度新育苗・造林技術開発事業報告書. 林野庁 74-90
- (2) 来田和人・今博計(2020) 施肥とコンテナのセル容量がカラマツ播種コンテナ苗の成長に与える影響. 北海道林業試験場研究報告 57: 1-11
- (3) 茂木靖和ら(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. 岐阜県森林研報 42: 25-29
- (4) 大平峰子・松下通也(2019) 施肥量がスギ実生コン

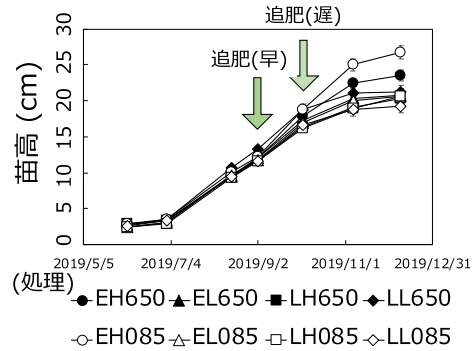


図-4. 追肥試験2の各処理の苗高の変化。矢印は、追肥した時期を示す。EH 早い-多い; EL 早い-少ない; LH 遅い-多い; LL 遅い-少ない; 650と085は肥料の種類を表す。

Fig.4 Changes in seedling height for each treatment in additional fertilization test 2.

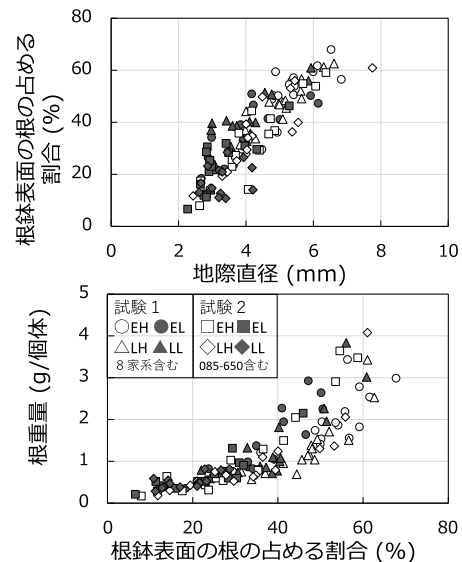


図-5. 2つの追肥試験の根鉢表面の根の占める割合と地際直径(上図)、根重量(下図)の関係。EH 早い-多い; EL 早い-少ない; LH 遅い-多い; LL 遅い-少ない; 家系と種類はまとめて示した。

Fig.5 Relationships between root area per root bowl area and diameter (upper panel), root biomass (lower panel) for each treatment in both additional fertilization tests.

- テナ苗の成長に及ぼす影響. 日林誌 101: 109-114
- (5) 齋藤隆実ら(2019) スギコンテナ苗における根鉢の物理的性質の定量的評価. 日林誌 101: 145-154
- (6) 飛田博順ら(2020) スギコンテナ苗の植栽後2年間の成長に及ぼす育苗時の追肥の影響. 関東森林研究 71(1): 37-40