

## 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

飛田博順<sup>1</sup>・齋藤隆実<sup>1</sup>・矢崎健一<sup>1</sup>・香山雅純<sup>1</sup>・才木真太郎<sup>1</sup>・上村章<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

**要旨**：秋の追肥が、翌春のコンテナ苗の生理特性と、植栽後2年間の成長に及ぼす影響を明らかにすることを目的に試験を行った。ビニールハウス内で、スギのコンテナ苗を実生から育苗した。9月下旬に追肥処理を行い、元肥と同量と元肥の10分の1の2処理を設定した。翌4月に苗畑に植栽し、植栽後2年間、地際直径と樹高を測定した。追肥による顕著な徒長は見られず、翌春までの肥大成長が促進された。追肥が多い個体のほうが、植栽時の光合成能力（電子伝達速度）が高く、植栽後2年間の樹高成長と地際直径成長が大きかった。苗畑での植栽試験であるが、施肥量の違いが植栽後2年間の成長に影響を及ぼすことが示された。

**キーワード**：緩効性肥料，形状比，毛苗移植，セルトレイ播種，電子伝達速度

**Effects of additional fertilization during raising containerized seedlings in *Cryptomeria japonica* on growth for two years after plantation**

Hiroyuki TOBITA<sup>1</sup>, Takami SAITO<sup>2</sup>, Kenichi YAZAKI<sup>3</sup>, Masazumi KAYAMA<sup>1</sup>, Shin-Taro SAIKI<sup>2</sup>, Akira UEMURA<sup>3</sup>

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

**Abstract**: We investigated the effects of additional fertilization in autumn during raising containerized seedlings in *Cryptomeria japonica* on photosynthesis and growth for two years after plantation at nursery. The container seedlings were grown under a plastic greenhouse during whole season. Additional fertilization treatment was conducted in late September: same amount (High) and one-tenth (Low) of the initial fertilization. These container seedlings were planted at nursery in the next late April and were measured their height and basal diameter for two growing seasons. These seedlings showed no marked spindly growth after the additional fertilization. The fertilizer treatment promoted stem diameter growth till next April. In addition, the planted container seedlings with high additional fertilization demonstrated higher photosynthetic capacity (electron transport rate; ETR), height growth and diameter growth for two years after plantation. Though this experiment was conducted at nursery which will be better condition compared to actual planted area at mountain, the results of this study insisted that the amount of the fertilization during autumn to winter season will affect the growth at least two years after plantation.

**Key-word**: delayed release fertilizer, height to diameter ratio, transplant of seedlings, sawing to cell-tray, electron transport rate

## I はじめに

近年、人工林伐採後の再生林においてコンテナ苗の利用が増加している(3)。コンテナ苗の培地は養分を含まないことが多いため、肥料の添加は必須である。針葉の窒素含量は光合成能力と相関があり、当年生針葉の窒素含量は10月以降冬にかけて増加する(5)。秋以降に培地の養分量が不足した場合、針葉中に養分を蓄えることができず、翌春の光合成能力が低下し、植栽後の初期成長が抑制される可能性がある。コンテナ苗植栽後の樹高成長が抑制される原因の一つとして、植栽時の形状比（樹高を幹の地際直径で割った値）が高すぎる事が指摘されている(7)が、植栽時の苗木の養分不足もその一因と

なる可能性が考えられる。

肥効期間の長い緩効性肥料を用いた育苗・植栽試験がヒノキで実施されている(6)。ヒノキに比べて成長の速いスギでは、元肥の量により樹高が伸び過ぎる場合がある。育苗中の樹高成長速度を調節するためには、元肥と追肥を組み合わせることが一つの方法として考えられる。追肥の仕方によっては、秋に徒長し、耐凍性獲得が遅れ、霜害を受けることが危惧される。そのため、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が必要である。本研究では、伸長成長が9割程度終了した9月下旬に行う追肥が、翌春に植栽したコンテナ苗の生理特性と、植栽後2年間の

成長に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

## 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.)においてコンテナ苗の育苗と植栽試験を行った。種子は茨城県林業技術センター産の少花粉スギ混合種子を用いた。2015年5月21日に512穴のセルトレイ((株)エフコプチューパ, 東京)に播種した。セルトレイの培地にはヤシ殻破砕物(スーパーココ, 日本地工(株), 埼玉)を用い、覆土にも同じ資材を用いた。1年間ミスト噴霧のみ(8時, 10時, 16時に各10分)で育苗した毛苗を, 2016年4月12日に多孔育成容器(300 cc, スリットタイプ; (株)東北タチバナ, 岩手)へ移植した。移植した毛苗の苗高は2-3 cmであった。根が10 cm程度に伸びていた苗もあったため、根を約5 cmの移植しやすい長さに切り揃えた。培地はスーパーココ 100%を用いた。遠藤・山田(2)に記載の方法で培地を詰めた。密度は齋藤ら(4)に記載のある通り、培地の圧縮充填は約1.2倍であった。元肥は4月19日に緩効性肥料(Osmocote Exact Mini, N-P-K 16-8-11 3-4ヶ月タイプで微量元素を含む, Everris, オランダ)を、一穴につき1.8 g培地表面上に播いた。灌水はスプリンクラーにより、夏まで毎日朝夕30分間行った。

元肥の肥効期間が過ぎた9月28日に追肥の処理を行い、元肥と同量の1.8 g/苗を与える区(High: H)と、元肥の10分の1の量を与える区(Low: L)を設定した。灌水処理も同時に開始し、毎日朝夕与える区(Wet: W)と2日に1回夕方与える区(Dry: D)を設けた。1回に10分間、約150 mlを苗ごとに滴下散水した。冬期は自動散水を止め、いずれの処理も同様に、培地が乾きすぎる前に一定時間滴下散水を行った。冬もハウス内で育苗し、外気温との差を少なくするために、ハウスの上部や側面、前後の入り口は開放した状態にした。

**2. 植栽と測定** 翌春4月22日に構内の実験林苗畑に、植栽間隔2 m × 2 mで、各処理20本、合計80本をランダムに植栽した。苗畑の土壌は淡黒色土亜群のB層である(1)。地際直径と樹高の測定を植栽1年目に数回と2年目の刈り取り時に行った。植栽時に各処理6個体について実験室内で光合成測定を行った。測定の前日夕方の散水後にコンテナ苗を実験室内に移動させ、暗所に保管した。クロロフィル蛍光チャンバー(Li-6400-40, Li-cor社)を付けた光合成蒸散測定装置(Li-6400, Li-cor社)で測定を行った。針葉の光合成測定時のリークを少なくするため、通常より厚いパッキンを用い、必要に応

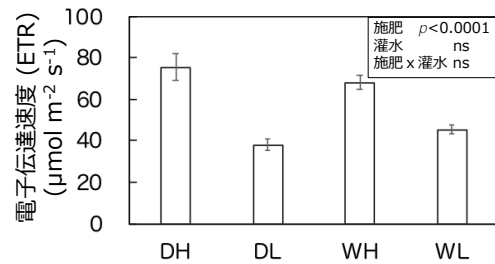


図-1. 植栽前のコンテナ苗針葉の光飽和時の電子伝達速度(ETR)。図中に分散分析の結果を示す( $n = 6$ ,  $p < 0.05$ )。DH 追肥 High-灌水 Dry; DL 追肥 Low-灌水 Dry; WH 追肥 High-灌水 Wet; WL 追肥 Low-灌水 Wet

Fig.1 Light-saturated electron transport rate (ETR) of needles of container seedlings of *Cryptomeria japonica* before plantation at nursery.

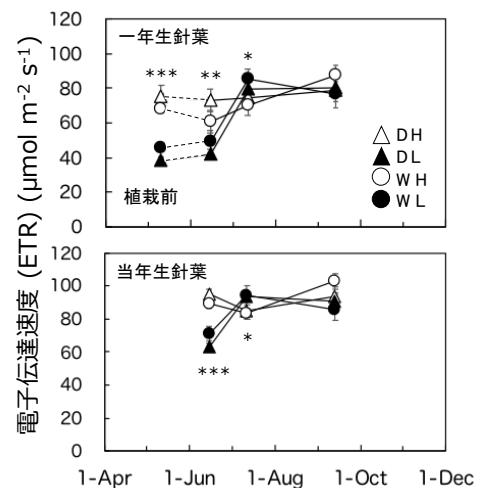


図-2. 植栽1年目のスギコンテナ苗の一年生針葉(上図)と当年生針葉(下図)の電子伝達速度(ETR)。図中に分散分析の結果を示す( $n = 6-8$ ,  $* p < 0.05$ ,  $** p < 0.01$ ,  $*** p < 0.001$ )。処理の略称は図1と同じ

Fig.2 Light-saturated electron transport rate (ETR) of 1-year-old (upper) and current-year (lower) needles of container seedlings of *C. japonica* after plantation.

じてバテにより針葉を挟んだ部分を塞いだ。光強度 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PFD,  $\text{CO}_2$  濃度 400  $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$ , 葉温約 30 度, 湿度 60% 程度の条件で測定を行った。光飽和時の電子伝達速度(ETR)を光合成能力の指標とした。植栽した苗の光合成測定を, 6, 7, 9月に野外条件で行った。2019年2月に樹高, 地際直径と樹冠幅を測定後, 地上部の刈り取りを行った。地上部の生重量をバネばかりを用

いて測定した。

**3. 統計解析** 各測定項目に対する追肥と灌水の効果を、二元配置分散分析により解析し、交互効果がある場合に多重比較を行った (R ソフトウェア ver. 3.4.3)。

**III 結果と考察**

灌水処理の効果がほとんど見られなかったため、追肥処理の效果に着目して結果の記述と考察を行った。

**処理後の苗の形状変化** 追肥・灌水処理開始時の苗木サイズに処理間差はなかった。追肥後、樹高には処理の効果がなく、伸長量が多い個体でも 4.5 から 5.5 cm であり、徒長は樹高の 2 割弱と少なかった。伸長成長の結果から、本試験の追肥は伸長成長が 9 割程度終了した時点で実施したこととなる。翌春 4 月の地際直径には追肥の効果があり ( $p=0.002$ )、追肥により肥大成長が促進された。4 月の形状比には処理の効果がなく、80 程度まで低下した (平均 ± 標準誤差, DH:  $84.3 \pm 2.1$ , DL:  $86.1 \pm 5.0$ , WH:  $83.7 \pm 5.2$ , WL:  $89.9 \pm 4.6$ )。

**植栽後の光合成能力** 春の植栽前のコンテナ苗針葉の光飽和時の電子伝達速度 (ETR) には追肥の効果があり ( $p < 0.001$ )、追肥により ETR が上昇した (図-1)。追肥の効果は植栽後 2 ヶ月 (6 月中旬) の時点でも見られ、追肥が多い個体のほうが、葉齢によらず高い ETR を示した (図-2)。7 月中旬には、施肥の少ない個体の ETR が高くなり、9 月には追肥処理間の差はみられなかった。植栽後、苗畑土壌からの養分吸収が行われ、樹体の養分状態が速やかに改善されることが予想されたが、意外にも植栽後 2 ヶ月経過しても光合成能力に差が生じたままであった。植栽した 2017 年は、5 月下旬から 6 月中旬まで雨が降らず、土壌の水ポテンシャル (MPS-6, Decagon 社) が -300 kPa 程度まで低下した (阪田・釣田, 私信)。この値は pF 3.49 に相当し、植物の吸水に影響が出る程の乾燥である。この時期に夜明け前の光化学系 II の最大量子収率 ( $F_v/F_m$ ; 通常値が 0.83) (Mini-PAM, Walz 社) が低下し、しかも追肥が少ない個体のほうがより乾燥ストレスを受けていることがわかった (一年生針葉の平均 ± 標準誤差が, DH:  $0.720 \pm 0.013$ , DL:  $0.692 \pm 0.012$ , WH:  $0.717 \pm 0.013$ , WL:  $0.678 \pm 0.011$ ,  $p = 0.005$ ; 通常 0.83)。活着後の土壌乾燥の影響により、ERT の処理間差が 6 月下旬まで見られた可能性も考えられる。実際の山では、土壌の養分・水分条件により、今回の苗畑の結果に比べて、ETR の変化が異なるかもしれない。

**植栽後の苗の成長** 植栽後の活着に処理間差はなく、1 本が根の被食により枯れたのみであった。樹高は植栽 1 年目の 6 月から追肥の効果が見られ、追肥が多い個体

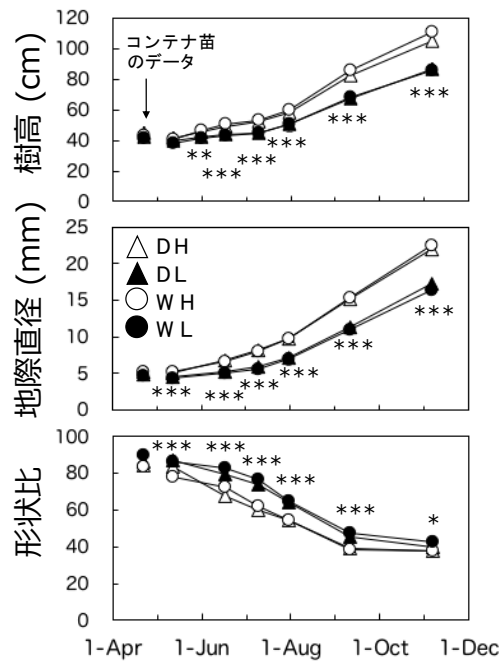


図-3. 植栽後 1 年目の樹高 (上), 地際直径 (中), 形状比 (下) の変化。4 月のデータは、コンテナ苗の値を示す。分散分析の結果を示す ( $n = 19-20$ ,  $p < 0.05$ )。凡例は図 2 と同じ

Fig.3 Change of height (H), basal diameter of stem (D), and H/D ratio of container seedlings of *C. japonica* during the first growing season after plantation.

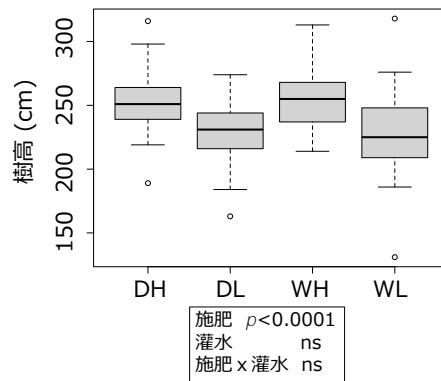


図-4. 植栽 2 年後の樹高。分散分析の結果を示す ( $n = 19-20$ ,  $p < 0.05$ )。処理の略称は図 1 と同じ

Fig.4 The height of container seedlings of *C. japonica* after two growing seasons from plantation at nursery.

のほうが高くなった (図-3)。地際直径は、5 月の測定時から追肥の効果が見られ、樹高と同様に 11 月まで追肥処理間差が大きくなった。形状比は追肥が多い個体で低くなり、いずれの処理でも 9 月まで低下し、11 月には平均で 40 前後の値となった。植栽から 2 成長期間経過し

た後の樹高にも追肥処理の効果があり、追肥が多い個体の樹高が高かった(図-4)。地際直径( $p < 0.0001$ )、樹冠幅( $p = 0.03$ )、地上部バイオマス生重量( $p < 0.0001$ )でも同様に追肥の効果が2年後に見られた。1成長期終了時の処理間差が2年目も維持されたことが示された。

植栽時のコンテナ苗の形状比と植栽から1成長期間終了時の樹高には相関が見られず(全処理個体  $n = 79$ ,  $R^2 = 0.001$ )(図-5)、植栽時のコンテナ苗の樹高と植栽から1成長期後の樹高の間に正の相関が見られた(全処理個体  $n = 79$ ,  $R^2 = 0.17$ )。ただし、植栽から1成長期後の樹高と2成長期後の樹高の相関(全処理個体  $n = 79$ ,  $R^2 = 0.59$ )のほうがより明瞭であった(図-6)。今回の植栽試験では、コンテナ苗の形状比と植栽後の樹高成長の間に直接的な関連は見られず、植栽時の苗木の養分状態の違いの成長への影響が示唆された。

本研究では、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が示された。コンテナ苗の地際直径が大きいほど根量が多い(4)ことから、追肥による肥大成長の促進は根量の増加に繋がる。植栽時の根量の多さが植栽1年目の成長に影響を及ぼした可能性が考えられる。

スギの当年生針葉中の窒素含量(シュート投影面積あたり)は光合成能力と密接に関わり、10月から2月まで増加し続ける(5)ことから、追肥の効果が翌春の光合成能力の違いに現れたと考える。秋から冬の培地中の養分(肥料)が春の光合成能力を左右することが示された。

本追肥試験では春に肥効期間が切れているため、コンテナ苗の根鉢に肥料を持った状態(6)ではなく、樹体内に蓄えた養分量の違いが植栽後の成長に及ぼす影響を示唆する結果と考えられる。本研究により、追肥による肥大成長の促進に伴う根量の増加と光合成能力の上昇から想定される樹体内養分含有量の増加が、植栽後2年目の成長まで影響を及ぼすことが、ハウスで育苗し、苗畑に植栽した試験により示された。

**謝辞:** 本研究の一部は、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業モデルの開発」の支援を受けて行われた。

#### 引用文献

(1) Akio Akama (1986) Balance sheet of nitrogen applied to Japanese red pine (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) seedlings –

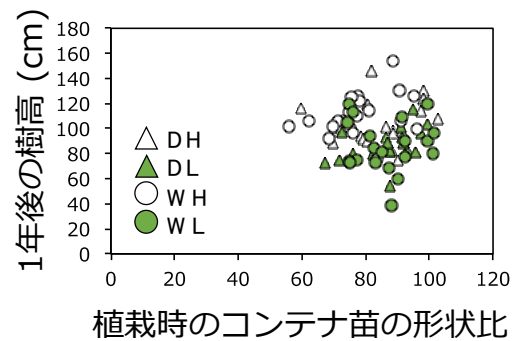


図-5. 植栽時のコンテナ苗の形状比と植栽後1成長期後の樹高との関係。処理の略称は図1と同じ。  
Fig.5 The relationships between H/D ratio at the beginning of plantation and height after the first growing season of container seedlings of *C. japonica* at nursery.

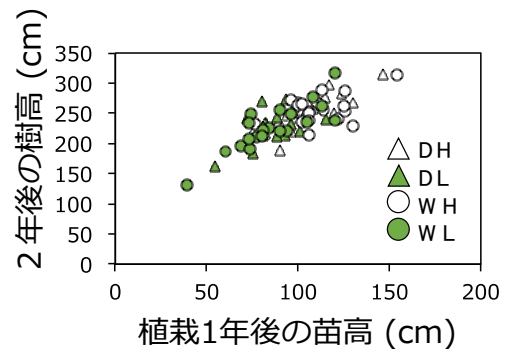


図-6. 植栽後1成長期間終了時の樹高と2成長期間終了時の樹高の関係。処理の略称は図1と同じ。  
Fig.6 The relationships between height after the first growing season and height after the second growing season of container seedlings of *C. japonica* at nursery.

A pot experiment. J. Jpn. For. Soc. 68: 150-154

(2) 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

(3) 林野庁 (2019) 平成 30 年度版森林・林業白書. 全国林業改良普及協会 360 pp

(4) 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(4): 145-154

(5) 飛田博順ら (2015) スギ樹冠内の針葉の窒素含量と光合成パラメータの関係. 関東森林研究 66(1): 13-16

(6) 渡邊仁志ら (2017) ヒノキにおける実生裸苗と緩効性肥料を用いて育成した実生コンテナ苗の初期成長. 日林誌 99: 145-149

(7) 八木橋勉ら (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