

溶出日数の長い肥料を用いて育成したヒノキ・コンテナ苗の初期成長

岐阜県森林研究所 森林環境部	専門研究員	○ 渡邊 仁志
岐阜県森林研究所 森林資源部	主任専門研究員	茂木 靖和
中部森林管理局 森林技術・支援センター	森林技術普及専門官	三村 晴彦
中部森林管理局 森林技術・支援センター	業務係長	千村 知博

(現所属：富山森林管理署 立山森林事務所 森林官)

要旨

コンテナ苗育成時に施用した溶出期間の長い肥料（緩効性肥料）が実生ヒノキ苗の初期成長に及ぼす影響を明らかにするため、植栽後2年間の成長と活着率をコンテナ苗と裸苗とで比較しました。コンテナ苗は植栽1年目から樹高成長、根元直径成長ともに大きく、サイズが裸苗に劣ることはありませんでした。しかし、植栽2年目の相対成長率からは、肥効による成長促進効果が低下しつつあることが示されました。緩効性肥料はヒノキ実生苗の植栽直後の成長の促進に有効であるものの、その影響は時間経過とともに低減することが示唆されました。

はじめに

低コスト再造林の実現に向けて、従来の造林用裸苗に代わり、マルチキャビティコンテナなどにより育成したコンテナ苗の活用が検討されています。これまで、コンテナ苗は植栽可能な時期が長く、初期成長に優れており、裸苗に比べ活着率が高いといわれていました。しかし、このうち初期成長の優位性については、裸苗との明瞭な成長差がみられない事例（たとえば、渡邊・茂木 2013；八木橋ら 2016；壁谷ら 2016）が蓄積されたことによって、今では否定的な見解に落ち着きつつあります（梶本ら 2016）。

ただし、林地肥培に関するこれまでの研究から、植栽初期の施肥は苗木の成長促進に対して一定の効果があることも示されています。林地肥培は、コストや労働が掛かり増しになるなど改善点がありますが、これに対してコンテナ苗は培土付きで山出しされるため、育成期間より溶出期間の長い肥料（以下、緩効性肥料）を育成時の元肥として利用すれば、新たな労働が発生することなく苗木の成長促進が図られるかもしれません。しかし、コンテナ苗育成時の施肥条件に着目した研究（茂木ら 2013；渡邊・茂木 2013）はこれまでほとんどないため、苗木の成長促進に対する育苗時の緩効性肥料の影響を判断できませんでした。

本研究では、コンテナ苗育成時に施用した緩効性肥料が実生ヒノキ苗の初期成長に及ぼす影響を明らかにするため、植栽後2年間の生存率と成長をコンテナ苗と裸苗とで比較しました。

1 調査方法

調査に用いた苗木は植栽前年の春に1年生苗をマルチキャビティコンテナ（JFA-300）に移植し、1年間育成したヒノキの2年生実生コンテナ苗と、同一種子から育成した2年生実生裸苗です。このうち裸苗は、通常施肥と1回床替えにより育成されました。一方、コンテナ苗の培土には、ココナツハスク70、粃殻30、粃殻炭3を約10Lに調整したヒノキの標準培土を、元肥には、標準肥料（溶出期間3ヶ

月程度の肥料を培土1Lあたり5g)に代え、倍量の緩効性肥料(ジェイカムアグリ(株)製ハイコントロール650(700日タイプ))を用いました。この肥料は約700日で含有窒素の80%が徐々に無機化されることから、育苗期間を越してもなお、植栽後約1年間の肥効の持続が期待されました。また、コンテナ苗の育成期間中は追肥を行いませんでした。

林地への植栽調査は、岐阜県下呂市金山町の岐阜森林管理署管内・高天良国有林(1096林班ほ小班)で行いました(図-1)。調査地の標高は720~730mで、平均傾斜11度の西向き単一斜面上にあり、土壌の母材は濃飛流紋岩類(溶結凝灰岩)、土壌型は適潤性褐色森林土(偏乾亜型)でした。近隣の気象観測所(岐阜県下呂市金山町、標高233m)における植栽当年(2014年)の年平均気温は、13.1℃、年降水量は2515.5mmでした(気象庁 2016)。調査地では2012~2013年に約60年生のヒノキ、スギ人工林が皆伐され、その後2013年12月に先行地拵え、2014年1月に防獣柵の設置が行われていました。

調査地に調査区(各約350m²)2箇所を隣接して設け、2014年4月24日にコンテナ苗、裸苗を97本ずつ植栽しました。植栽は約1.8m間隔の方形植えて、コンテナ苗の植栽にはスペード、裸苗の植栽には唐鍬を用いました。コンテナ苗は、いずれの個体も根系と培地からなる根鉢を形成していました(図-2a)。また、裸苗は、当地域の通例に倣って植栽直前に根切りを行いました(図-2b)。下刈りは両調査区とも、2015年7月に1度手鎌により実施しました。

植栽後の生存率と初期成長を検討するため、植栽時(2014年4月)、2014年7月、植栽1年目期末(2015年3月)、植栽2年目期末(2015年12月)の対象個体(枯死個体、食害や誤伐により成長量が負の値になった個体、他の調査に供するため掘り取った個体以外の個体)の樹高、根元直径(以下、直径)を計測し、植栽2年目期末における生存数から生存率を計算しました。また、樹高と直径の比(樹高/直径)を比較苗高とし、これを苗木形状の指標としました。成長は単純成長量(以下、成長量)と相対成長率(期首サイズを加味した数値)により評価しました。成長量は各調査回の測定値の差により、相対成長率(期首サイズを加味した数値)は次式により算出しました。

$$\text{相対成長率} = \{ \ln(\text{期末のサイズ}) - \ln(\text{期首のサイズ}) \} / \text{経過月数(年)}$$



図-1 調査地および調査区の配置

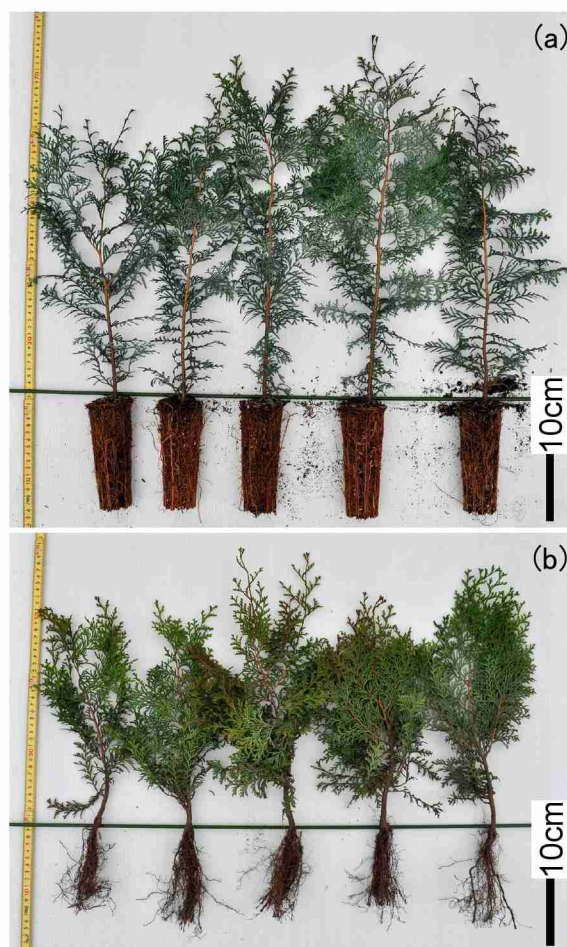


図-2 植栽したコンテナ苗(a)と裸苗(b)

2 結果と考察

(1) ヒノキ実生コンテナ苗の生存率

2成長期後の生存率はコンテナ苗が100%（計測個体86本に対し枯死本数0本）、普通苗が91.9%（同86本に対し枯死本数7本）で、コンテナ苗に優位性がみられました（表-1；Fisherの正確確率検定、 $p < 0.05$ ）。これまでも、ヒノキ実生コンテナ苗が高い活着率を示す事例（諏訪ら 2016）が報告されており、この理由として、コンテナ苗は掘り取り後の取り扱いや植栽前後の気象条件の影響を受けにくいこと（山川ら 2013）が挙げられています。コンテナ苗のこのような特性は、最善の取り扱い条件のもとで少数の供試苗を扱う植栽試験よりも、大量の苗を一度に扱う実際の植栽事業において、より有効に発揮されると思われます。

(2) ヒノキ実生苗の初期成長に及ぼす肥料の影響

植栽時の平均樹高はコンテナ苗が49.5cm、裸苗が35.0cmで、コンテナ苗の方が大きく、その差は有意でした（図-3a；Welchのt検定、 $p < 0.001$ ）。この傾向は調査期間を通じて続きました。植栽1年目、2年目の樹高成長量はコンテナ苗の方が大きく、その差は有意でした（表-2a；いずれも $p < 0.001$ ）。一方、相対樹高成長率は1年目にはコンテナ苗の方が、2年目には裸苗の方が高い傾向がありました（表-2b；それぞれ $p < 0.05$ 、 $p < 0.001$ ）。

植栽時の直径はコンテナ苗の方が小さく、その差は有意でした（図-3b； $p < 0.001$ ）。しかし、それ以降はコンテナ苗の方が大きくなりました。直径成長量は両期間ともコンテナ苗の方が大きく、その差は有意でした（表-2a； $p < 0.001$ ）。一方、相対直径成長率では、1年目には認められた有意差（ $p < 0.001$ ）が、2年目にはみられなくなりました（表-2b； $p = 0.777$ ）。

表-1 苗木の植栽本数、各調査時期の測定本数、および生存率

苗種類	植栽本数 ¹⁾	測定本数 ²⁾			生存本数 ³⁾	生存率 ⁴⁾ (%)	
		植栽時	2014年7月	1年目期末			2年目期末
コンテナ苗	97 (86)	97	94	88	68	86	100.0
裸苗	97 (86)	97	91	87	73	79	91.9

¹⁾括弧内は、2年目期末における掘り取り個体(他目的の供試試料)を除く本数。²⁾枯死個体、食害、誤伐などを受けた個体、掘り取り個体を除く本数。³⁾2年目期末に生存していた本数。⁴⁾(生存本数/掘り取り個体を除く本数)×100。

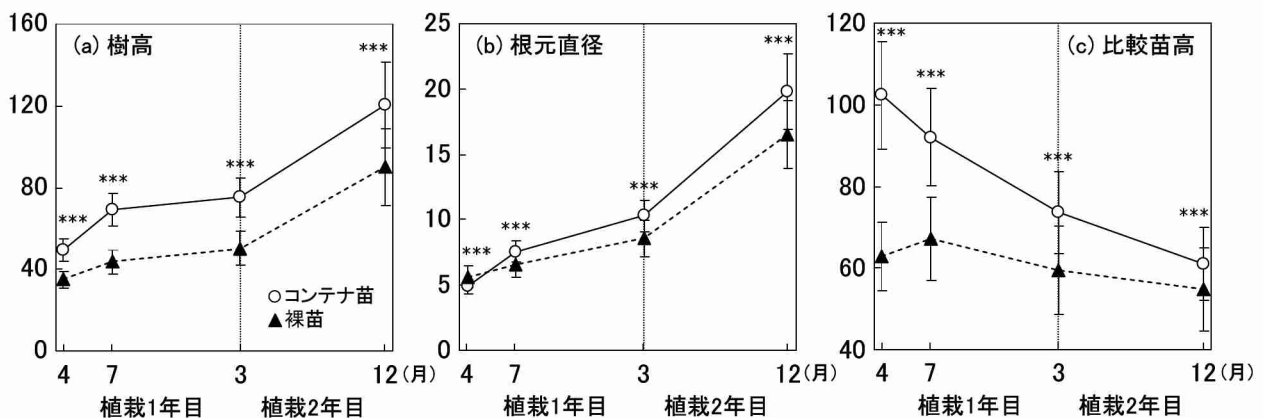


図-3 苗木の樹高 (a)、根元直径 (b)、および比較苗高 (c) の推移

バーは標準偏差を示す。図中のアスタリスクは苗種間に有意差 (Welchのt検定、 $p < 0.001$) があることを示す。

表-2 調査期間ごとの苗木の成長量 (a) と相対成長率 (b)

(a) 成長量

期間	樹高成長量 (cm)		根元直径成長量 (mm)	
	コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	裸苗
植栽1年目	25.4 ± 8.1 ^a	15.5 ± 7.1 ^b	5.4 ± 1.1 ^a	2.9 ± 0.9 ^b
植栽2年目	45.9 ± 16.3 ^a	39.0 ± 13.8 ^b	9.6 ± 2.7 ^a	8.0 ± 2.0 ^b
全期間	71.0 ± 19.6 ^a	55.2 ± 17.8 ^b	14.9 ± 2.9 ^a	10.9 ± 2.3 ^b

(b) 相対成長率

期間	相対樹高成長率		相対根元直径成長率	
	コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	裸苗
植栽1年目	0.45 ± 0.13 ^a	0.39 ± 0.16 ^b	0.81 ± 0.14 ^a	0.46 ± 0.13 ^b
植栽2年目	0.63 ± 0.19 ^a	0.75 ± 0.20 ^b	0.88 ± 0.20 ^a	0.89 ± 0.19 ^a
全期間	0.53 ± 0.11 ^a	0.56 ± 0.13 ^a	0.84 ± 0.10 ^a	0.65 ± 0.10 ^b

平均±標準偏差で示す。異なるアルファベットは苗種間の平均値に有意差(Welchのt検定, p 値は本文参照)があることを示す。

植栽時の比較苗高はコンテナ苗が102.0、裸苗が62.9で、植栽後の時間経過とともに低減する傾向がみられ、その傾向はコンテナ苗で特に顕著でした(図-3c)。両苗種の比較苗高には調査期間を通じて有意差がみられ($p < 0.001$)、コンテナ苗の方が値が大きかったものの、2年目期末には裸苗との差が縮小しました(図-3c)。

本研究のヒノキ実生コンテナ苗は、裸苗と比べ樹高成長量が常に大きい傾向がありました(表-2a)。これに対して、これまでの報告では、スギのコンテナ苗では初期樹高成長には裸苗に対する優位性は認められない(たとえば、八木橋ら 2016)ことが報告されています。ヒノキでも、春または秋に植栽したコンテナ苗の樹高成長量は、裸苗を上回ることがありませんでした(渡邊・茂木 2013; 諏訪ら 2016)。壁谷ら(2016)は、多種多点データに基づき、コンテナ苗の成長速度が裸苗と同程度であることを示しています。これらの事例研究から、一般的な傾向としてコンテナ苗の初期成長が裸苗のに比べ同等以下であると考えられます。

コンテナ苗の樹高成長が小さい原因として、比較苗高や形状比(樹高を根元直径で除した値で比較苗高と同義)が高く徒長気味であるため、直径成長を優先する傾向にある(八木橋ら 2016)ことが挙げられています。本研究のコンテナ苗も植栽時の平均比較苗高が100を超えていた(図-3c)ため、これにしたがえば、樹高成長は小さいと予想されました。しかし、植栽1年目から樹高成長、直径成長ともに大きく、裸苗にサイズが劣ることはありませんでした(図-3a、b)。

溶出期間が育成期間よりも短い肥料を用いてヒノキ実生コンテナ苗を育成した場合は、成長促進が育成期間内に限られ、植栽後の樹高成長には裸苗との違いはありませんでした(渡邊・茂木 2013)。本研究のコンテナ苗はこの報告と同一施設で育成されており、肥料条件だけが異なります。したがって、本研究で優位性が認められた理由には、溶出期間がより長い肥料を施用したことが影響していると推測されました。しかし、本研究のコンテナ苗も樹高や直径、および両成長量では、常に裸苗を上回っていた反面、植栽2年目の相対成長率は、直径成長率で同等になり、樹高成長率では下回りました(表-2)。施肥後2年間が経過し、肥効による成長促進効果が低下しつつあることを示していると考えられます。

以上のことから、コンテナ苗育成時に施用した緩効性肥料はヒノキ実生苗の植栽後の初期成長の促

進に有効であるものの、その影響は時間経過とともに低減することが示唆されました。とはいえ、下刈り期間の短縮を目的にするならば、苗木の成長促進は下刈り期間内、すなわち植栽後の数年間持続すればよいと考えられます。何よりも根鉢に肥料を施用した状態で植栽できることは、コンテナ苗の特性のひとつです。この特長を利用し、コンテナ苗育成時の施肥条件をさらに詳しく検討することにより、植栽初期の成長に優れたヒノキ苗を作出できる可能性があります。

おわりに

コンテナ苗の成長特性に関する調査研究が精力的に進められてきましたが、コンテナ苗の育成から植栽後の成長までを一貫して解析した事例はほとんどありません。そのため、いろいろな条件で育成されたコンテナ苗が、来歴が明らかにされないままに評価されてきました。今後、コンテナ苗を用いた低コスト造林技術を開発するためには、異なる施肥条件で育成した苗木の初期成長を比較し、さまざまな条件下でのデータを蓄積することが必要であると思います。あわせて、苗木の初期成長を議論する場合には、植栽後の成長だけを扱うのではなく、基本情報として苗木の育成方法にも注意を払うことが望まれます。

本研究は、岐阜県と中部森林管理局との共同事業です。本調査・研究の実施にあたり、岐阜森林管理署、森林技術・支援センター、岐阜県白鳥林木育種事業地、同森林整備課、同森林研究所の皆さまにお手伝いいただきました。深くに感謝します。本研究の一部は、農研機構生物系特定産業技術研究支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」により実施しました。

引用文献

- 壁谷大介・宇都木玄・来田和人・小倉晃・渡辺直史・藤本浩平・山崎真・屋代忠幸・梶本卓也・田中浩（2016）複数試験地データからみたコンテナ苗の植栽後の活着および成長特性．日本森林学会誌98：214-222
- 梶本卓也・宇都木玄・田中浩（2016）低コスト再造林の実現にコンテナ苗をどう活用するか、研究の現状と今後の課題．日本森林学会誌98：135-138
- 気象庁（2016）気象統計情報、過去の気象データ検索．<http://www.jma.go.jp/>（参照：2016-1-14）
- 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．岐阜県森林研究所研究報告42：25-29
- 諏訪錬平・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．日本森林学会誌98：176-179
- 渡邊仁志・茂木靖和（2013）育苗時の施肥条件が植栽後のヒノキ苗の初期成長に及ぼす影響．中部森林研究61：51-54
- 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．日本森林学会誌98：139-145
- 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