

落下実験によるスギ挿し木コンテナ苗の根鉢強度の評価 —根系による根鉢表面被覆率を用いた検討—

伊藤 哲^{*1}・徳田 楓¹・平田 令子¹・栗田 学²・長倉 良守³

スギ挿し木コンテナ苗の出荷に適した根鉢形成状態を判断する指標として、根系による培地の表面被覆率（以下、表面被覆率）の有効性を検討することを目的として、コンテナ苗を用いた落下試験を行い、根量および表面被覆率と落下の衝撃で脱落する培地の割合との関係を調査した。その結果、脱落培地量を目的変数とした一般化線形モデルの結果では、表面被覆率を説明変数に採用したモデルが最適モデルとして選択された。また、コンテナ苗の根鉢の表面被覆率が高くなるのに伴って脱落培地率が指数関数的に減少した。以上の結果から、表面被覆率が挿し木コンテナ苗の根鉢強度の指標として利用可能であること、ならびに本研究で採用した培地の脱落量の許容基準（6%）に照らした場合、27%程度以上の表面被覆率がなければ最低限必要な根鉢強度が得られないことが示された。

キーワード：根量，含水率，脱落培地率，GLM

Satoshi Ito,^{*1} Kaede Tokuda,¹ Ryoko Hirata,¹ Manabu Kurita,² Yoshimori Nagakura³ (2022) Evaluation of Root Ball Strength of Containerized Sugi Cuttings with Special Focus on Root Coverage of Root Ball Surface. J Jpn For Soc 104: 106-110 We conducted dropping experiments of the root ball of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) cuttings grown in multi-cavity containers in order to examine the effectiveness of root coverage of root ball surface (CRBS) as an indicator of destructive strength of container-grown root balls. Root balls of intact cuttings were dropped for three times from 1 m height, and the soil medium detached at each time was separately collected and weighed. CRBS were obtained by image analyses of the photographs of root ball surface as a percentage cover of the roots. Generalized linear models performed for the mass of detached soil medium (RDSM) demonstrated that varying soil detachment of containerized root-balls was largely explained by CRBS. The containerized cuttings showed exponential decrease of detached soil medium along the increase of CRBS as well as root mass at each of the three droppings, indicating that the CRBS is a good indicator of the destructive strength of the container-grown root balls. According to the approximated curve of against the CRBS for the ordinary condition of soil medium water content (ca.75%), 27% or more CRBS is suggested to be a requirement for shipping in terms of securing minimum destructive strength with less than 6% of RDSM.

Key words: root biomass, relative water content, ratio of detached soil medium (RDSM), generalized linear model (GLM)

I. はじめに

現在、国内の人工林の半数が本格的な利用期を迎えているが（林野庁 2019）、主伐後の再生林および育林にかかるコストが高く、このコストをいかに削減するかが課題となっている（伊藤 2016；梶本ら 2016；中村 2019a）。その課題解決を担う材料の一つとして、近年、マルチキャビティコンテナ苗（以下、コンテナ苗）が注目され、その成長や活着が様々な地域で研究されてきた（例えば、山川ら 2013；平田ら 2014；新保ら 2016；伊藤ら 2019）。コンテナ苗は運搬や植栽作業で裸苗より利便性に優れ、通年植栽も可能であることから（山川・重永 2019；宇都木 2019）、近年全国的に普及しつつある（梶本ら 2016；中村 2019a）。従来からスギ挿し木苗が多く植栽されてきた九州地方でも、スギ苗木生産量に占める挿し木コンテナ苗の割合が増加してきている（横田ら 2016）。

裸苗に対するコンテナ苗のメリットは根鉢にあるとされてい

る（遠藤 2007；中村 2019b；宇都木 2019；伊藤ら 2019）。根と培地とで塊状に形成される根鉢は、苗木の成長に必要な水分と養分を出荷後もある程度の期間保持することができることから（齋藤ら 2019；伊藤・平田 2019）、乾燥が厳しい条件で裸苗に比べて活着がよく（新保ら 2016；伊藤ら 2019）、植え付け時期を拡大することができる（遠藤 2007；中村 2019a, b）。しかし、根鉢の形成が不十分であると苗木の運搬中に培地が脱落する（島根県中山間地域研究センター 2018）。そのため、根鉢が十分に形成され、培地が崩れない状態で出荷する必要がある（齋藤ら 2019）。しかしこれまで、根鉢の物理的性質は、十分には検討されてこなかった。

齋藤ら（2019）は、スギ実生コンテナ苗の根鉢の物理的性質を定量的に評価し、根量が増えるほど根鉢は崩れなくなることを、少なくとも国内では初めて定量的・実証的に報告した。さらに齋藤ら（2019）は、根量と地際直径の関係から、根鉢が適度に形成された苗木を地際直径によって

*連絡先著者 (Corresponding author) E-mail: s.ito@cc.miyazaki-u.ac.jp  <https://orcid.org/0000-0003-2198-5729>

¹ 宮崎大学農学部 〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西 1-1 (Faculty of Agriculture, University of Miyazaki, 1-1 Gakuen-kibanadai-nishi, Miyazaki, Miyazaki 889-2192, Japan)

² 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター関西育種場 〒709-4335 岡山県勝田郡勝央町植月中 1043 (Kansai Regional Breeding Office, Forest Tree Breeding Center, Forestry and Forest Products Research Institute, 1043 Uetsukinaka, Sho-oh, Okayama 709-4335, Japan)

³ 株式会社長倉樹苗園 〒889-1701 宮崎県宮崎市田野町甲 1599-1 (Nagakura Nursery Co., Ltd., 1599-1 Tanocho-kou, Miyazaki, Miyazaki 889-1701, Japan)

(2021年7月14日受付；2021年12月30日受理)

©2022 一般社団法人日本森林学会：この著作はクリエイティブ・コモンズのライセンス CC BY-NC-ND（引用を表示し、改変せず、非営利目的に限定）の条件の元で再配布・二次利用が可能なオープンアクセスです。 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ja>

推測できる可能性を示している。

一方で、挿し木コンテナ苗については根鉢の物理的強度を定量的に評価した研究はこれまで全く行われておらず、適切な根鉢形成の指標や判断基準に関する定量的な報告はない。挿し木のコンテナ苗は、元々ある程度の直径を持つ挿し穂から発根させるため、実生コンテナ苗のように地際直径から根鉢形成状態を判断することはほぼ不可能であり、別の判断基準が必要である。根鉢の形成状態を非破壊的に評価する方法の一つに、根系による培地の表面被覆率（以下、表面被覆率）の計測があり（蛭子 2017）、植栽後の活着や成長に対する根鉢の影響の分析でも用いられている（内村ら 2017; 蛭子 2017）。表面被覆率は、根による根鉢表面の保護効果を直接的に表現できると予想されることから、根鉢の強度（培地の脱落からみた衝撃耐性）を判定する上で有用な指標となる可能性がある。また、苗をキャビティから抜いて確認する必要があるものの、目視で簡便に判定できれば、苗の出荷時の品質点検に有効であると考えられる。根鉢の硬度も物理的な強度の指標となり得るが、硬度計等を用いた計測は手間がかかるうえに根鉢を痛める可能性があり、触診による判断は基準の数値化も困難である。これに対して目視判定は根鉢を痛める可能性も低く、一定の有用性があるだろう。また、表面被覆率を画像解析により計測することにより、根鉢の形成状態をより客観的に判定することが可能と考えられる。

さらに、根鉢の強度は培地の含水率によっても変動すると予想されるが、これについて詳細に検討した例はない。また、数少ない定量的・実証的である齋藤ら（2019）の実験では、1 苗に対して落下実験を 1 回しか実施していないが、実際の苗の取り扱いに伴う物理的な衝撃を 1 回の落下実験で十分に評価できているかは不明である。

そこで本研究では、スギ挿し木コンテナ苗の出荷に適した根鉢形成状態を判断する指標として、表面被覆率の有効性を検討することを目的として、異なる培地含水率条件下で複数回の落下試験による根鉢強度の評価を行い、根量および画像解析により計測した表面被覆率と落下の衝撃で脱落する培地の割合との関係を調査した。

II. 方 法

1. 材料

本研究では、コンテナで育成されたスギ挿し木苗のうち、表面被覆率がそれぞれで異なるものを実験に用いた。コンテナ苗は、培地にスギパーク 100% を使用した 300 cc のマルチキャビティコンテナ（JFA300）を用いて、宮崎市内の（株）長倉樹苗園の育苗温室で通常出荷される苗と同様に育成された。2018 年 3 月に露地挿しされ、2018 年 6 月にコンテナに移植された苗をコンテナから抜いて目視で培地表面の根系の発達を確認し、表面被覆率が異なるもの 15 本を選別して次項で述べる最終灌水 1 日後の実験に供試した。さらに、2018 年 7 月にコンテナに移植された苗 15 本を同様に選び、最終灌水 10 日後の実験に供試した。育苗期間中の灌水量は通常の育苗時と同様とし、実験開始前の最終灌水量は培地の水分が圃場容水量に達する程度に十分

に灌水した。

2. 実験および測定方法

2019 年 6 月 20 日および同年 9 月 6 日に宮崎大学（宮崎市、育苗場所から 15 km）の室内実験室で落下実験を行った。6 月 20 日の実験を開始したのは最終灌水終了から約 1 日後であり、これは通常の苗の出荷のタイミングと同じである。9 月 6 日の落下実験は、培地の含水率が低下した状態での評価を行う目的で、最終灌水終了日（8 月 27 日）の 10 日後に実施し、この間は灌水は行っていない。また、落下実験に要した時間は、それぞれの実験日ですべての苗を合わせて 2 時間であり、実験の最初と最後に培地の水分状態に違いがないと考えられる。なお、9 月 6 日（灌水 10 日後）の実験用に準備したコンテナ苗のうち根系発達状態の著しく悪かった 1 本については、落下実験開始前に根鉢にひびが生じたため、実験には供試しなかった。したがって、実際の灌水 10 日後の実験に使用したコンテナ苗の本数は 14 本である。実験に使用した苗の概要を表-1 に示す。

落下実験は次の要領で行った。幹をつかんで根鉢の底面の高さが 1 m になるように苗を持ち上げ、その場で手を離し、垂直に落下させた。これを 1 本の苗で計 3 回行い、落下後 1 回ごとに脱落した培地の生重量を測定し、その後、根を 65℃ で 48 時間乾燥させて乾燥重量を測定した。また、落下実験終了後に苗から分離した培地の生重量を計測し、その後 65℃ で 48 時間乾燥させて乾燥重量を測定した。なお、いずれの苗でも、1 回目の落下の前に根鉢から培地が脱落することはなかった。

以上の実験の後、以下の項目を計測および算出した。

1) 脱落培地率

全培地の乾燥重量に対する各落下回までの積算の脱落培地量の割合（%）を求め、これを各落下回の脱落培地率とした。

2) 根系による培地の表面被覆率

落下実験を行う前に根鉢の写真撮影し、その後、写真を二値化処理し測定した。まず、根鉢表面をコンテナのリップ（12 本）の跡を利用して 6 面に分割し写真を撮影した。撮影は実験室内でほぼ同じ光条件で行った。次に、撮影した写真を、根の部分に白色、それ以外の部分を黒色となるように二値化処理した。そして、白い根の部分のピクセル数を写真全体のピクセル数で除して根系による培地の表面被覆率とした。二値化処理には、画像編集ソフト GIMP2.10.8（The GIMP Development Team 2019）を利用した。二値化処理の閾値は画像ごとに実際の写真と二値化後の画像を目視で比較しながら設定した。

3) 根量

落下実験終了後に、使用した苗の根鉢から培地を丁寧に分離した後、主軸から根を切り取った。その後、根を

表-1. 実験に使用したコンテナ苗の概要

実験	本数	苗高 (cm)	地際直径 (mm)
灌水 1 日後	15	49.8 (6.0) ¹⁾	7.30 (1.32) ¹⁾
灌水 10 日後	14	35.8 (6.0)	6.06 (1.12)

¹⁾ 苗高および地際直径の数値は平均値（標準偏差）を表す。

65°Cで48時間乾燥させて乾燥重量を測定し、これを根量とした。

4) 含水率

培地の生重量と乾燥重量から、実験終了時の培地の含水率を算出した。培地の生重量は、苗の根鉢を含めた全体の重量から、苗の重量を差し引くことによって求めた。

3. 許容できる脱落培地率の設定

コンテナ苗の根鉢の強度の指標を検討する際、どの程度の培地の脱落まで許容できるかという基準が必要である。現在、コンテナ苗の培地の脱落量の許容範囲に関する基準は存在しないが、齋藤ら(2019)は実生のスギコンテナ苗は地際直径が4mmを超えると根鉢はほとんど崩れなかったと報告している。そこで本研究では、齋藤ら(2019)の実験の結果を根鉢の強度指標を検討する際のおおよその目安として妥当と考え、暫定的な基準として使用した。齋藤ら(2019)の実験結果による最適モデルからは、地際直径4mm時の脱落培地量が約3.8gとなる。本研究では300ccのマルチキャビティコンテナを使用しており、培地の充填量の平均が約135gだった。齋藤ら(2019)の研究では150ccのマルチキャビティコンテナ(JFA150)を使用しており、本研究の半分の容量であることから、培地の充填量が約67gであったと仮定すると、地際直径4mm時の脱落培地率は約6%となる。そこで、本研究での許容できる脱落培地率は6%と設定した。

4. 統計解析

培地の脱落量に影響を与えている要因を明らかにするために、目的変数を各落下回までの積算脱落培地量、説明変数を根量、含水率および表面被覆率、オフセット項を全培地量(乾重)とする一般化線形モデル(GLM)を構築した(確率分布、ガンマ分布; link function, log)。モデル構築には1回目と2回目のデータをプールして使用した。それぞれの目的変数について、すべての説明変数の組み合わせ(それぞれ5通り)のモデルを試行し、AICが最小となったモデルを最も予測力の強い最適モデルとして採用した。なお、多重共線性を考慮して、「根量」と「表面被覆率」は同一モデル中に用いなかった。得られた偏回帰係数は事後に標準化を行った。

GLMの結果、1回目および2回目の培地脱落量に対する含水率の有意な影響が検出されたため(表-2を参照)、通常の出荷条件における培地の落下防止に必要な根乾重および表面被覆率を求めるために、灌水1日後および灌水10日後の実験ごとに、根量(根乾重)および表面被覆率と各落下回までの積算脱落培地率との関係(灌水1日・10日後の2種類×落下3回の計6パターン)を、非線形回帰

表-2. 積算脱落培地量の一般化線形モデルの結果(最適モデル)の要約

回数	AIC	切片	標準化偏回帰係数		
			根量	表面被覆率	含水率
落下1回目	17.94	-4.78***	—	-0.66***	0.54***
落下2回目	45.67	-2.92***	—	-0.53***	0.23*
落下3回目	51.39	-2.97**	—	-0.64***	0.30

***は $p < 0.001$, **は $p < 0.01$, *は $p < 0.05$ を示す。

分析により指数関数式で近似した。

統計解析には統計ソフトウェアR(version 3.5.0)を使用した(R Core Team 2018)。

III. 結 果

1. 実験時の培地の含水率

実施した6月20日(最終灌水の約1日後)の実験時、および9月6日(最終灌水10日後)の実験時のコンテナの培地の含水率の平均値(±標準偏差)は、それぞれ75%(±9.5%)および58%(±11.4%)であった。

2. GLM

脱落培地量を目的変数とするGLMとモデル選択の結果、選択された最適モデルのAICおよび採択された説明変数とその標準化偏回帰係数(SRC)を表-2に示す。いずれの落下回においても、含水率および表面被覆率を説明変数に採用したモデルが最適モデルとして選択され、根量は説明変数に選択されなかった。表面被覆率のSRCは負の値を示し(-0.66, -0.53, および-0.64)、表面被覆率が高いほど脱落培地率を低下させる効果を示した。含水率のSRCは正の値をとり(0.54, 0.23, および0.30)、含水率が高いほど脱落培地率が増加し、また落下回数が増えるほど1回の落下での脱落培地率が上昇する結果を示した。しかし含水率のSRCの絶対値はいずれのモデルにおいても表面被覆率のSRCより小さい傾向にあり、3回目のモデルでは有意ではなかった。

3. 根量および表面被覆率と脱落培地率との関係

根量(根乾重)と脱落培地率との関係を図-1およびJ-Stage電子付録付表-1に示す。灌水1日後では、根量が増加するに伴って、各落下回数時の脱落培地率が指数関数的に減少した(図-1(a), J-Stage電子付録付表-1)。灌水10日後の結果でも脱落培地率の指数関数的な減少が認められた(図-1(b))が、培地の含水率が高かった灌水1日後に比べて脱落培地率がやや低い傾向にあった。

表面被覆率と脱落培地率との関係(図-2, J-Stage電子付録付表-2)は、灌水1日後、灌水10日後の実験ともに根量と脱落培地率との関係(図-1)とほぼ同様に、脱落培地率に指数関数的な減少が認められた(図-2)。

通常出荷の条件で実施した灌水1日後の実験で得られた近似曲線(図-2(a)およびJ-Stage電子付録付表-2)から、許容できる脱落培地率(6%)に相当する表面被覆率を求めたところ、落下1回目で15%、落下2回目で22%、落下3回目で27%であった。これらの値に近い表面被覆率を持つコンテナ苗の根鉢の例を図-3に示す。

4. 根量と表面被覆率との関係

灌水1日後および灌水10日後の実験に用いた全てのコンテナ苗の根量と表面被覆率との関係を図-4に示す。根量と表面被覆率の間には明瞭な直線関係が認められた($R^2 = 0.73$, $p < 0.001$)。

IV. 考 察

灌水1日後および灌水10日後の実験のいずれにおいても、根量が増えるにつれて脱落培地率が減少した(図-1)

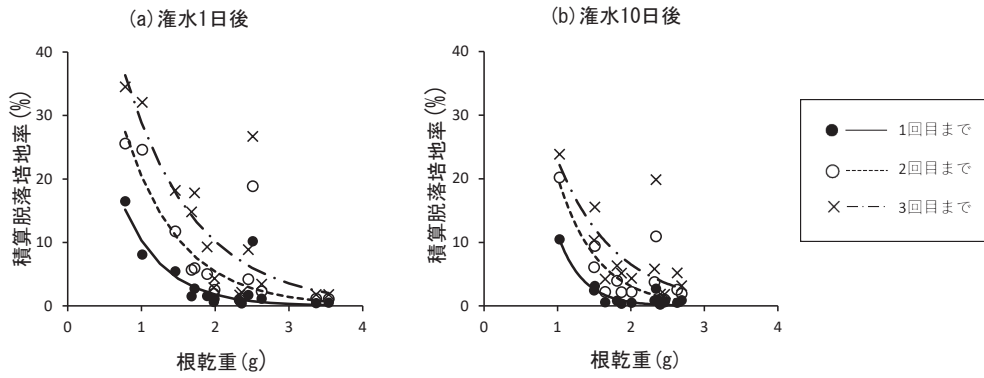


図-1. 灌水1日後および灌水10日後の実験におけるコンテナ苗の根乾重と積算脱落培地率との関係

図中の回帰曲線は非線形回帰分析によって求めた。

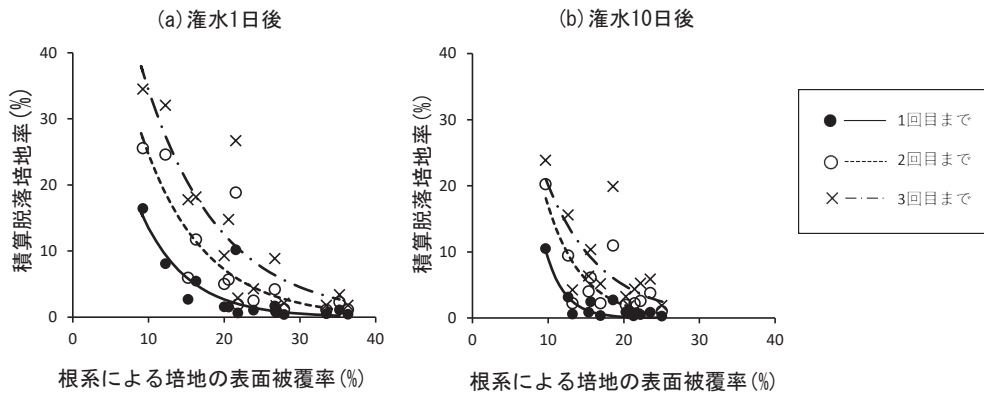


図-2. 灌水1日後および灌水10日後の実験におけるコンテナ苗の根系による培地の表面被覆率と積算脱落培地率との関係

図中の回帰曲線は非線形回帰分析によって求めた。

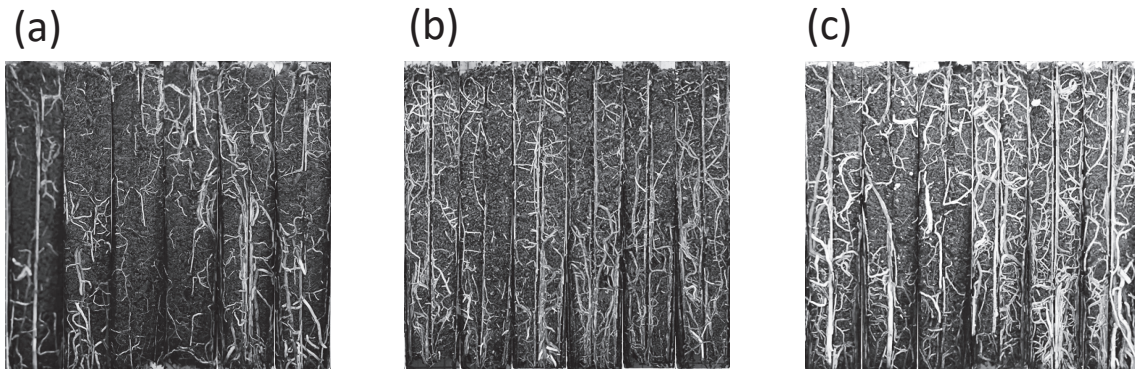


図-3. 落下時の脱落培地率が許容範囲となる培地表面被覆に近い実際の表面被覆の例

脱落培地率の許容範囲の閾値を6%とし、本実験で実測した試料のうち、この閾値に相当する表面被覆率（1回目、15%；2回目、22%；3回目、27%）に最も近かった例を示している。(a)1回目の落下時に近い例（実測表面被覆率15%）、(b)2回目の落下時に近い例（24%）、(c)3回目の落下時に近い例（27%）。

ことから、実生のコンテナ苗と同様（齋藤ら 2019）に、挿し木のコンテナ苗でも根量が大きな苗で根鉢強度が高くなることが確認された。齋藤ら（2019）は、根量が多い苗では根と培地との連結が強くなることにより、培地の強度が高くなると考察しており、本研究の挿し木コンテナ苗でも同様の根量の効果が現れたと考えられる。

また、本研究では、根系による根鉢表面被覆率が高くなると脱落培地率が減少しており（図-2）、表面被覆率が根鉢強度の指標となることが示された。さらに、脱落培地率

に対する根量、含水率、表面被覆率の影響を比較したGLMの結果（表-2）では、根量よりも表面被覆率を説明変数に採用したモデルが最適モデルとして選択された。これは、表面被覆率が根量の指標となること（図-4）に加えて、根鉢の表面に多数の細根が発生することで強固な根鉢ができ、苗木を輸送する際の型崩れが少ない（田村 2013）と考えられているように、表面被覆率の高い根系がネット状に培地を覆うことで、落下の衝撃に対する強度をより上昇させているためと推察される。したがって、

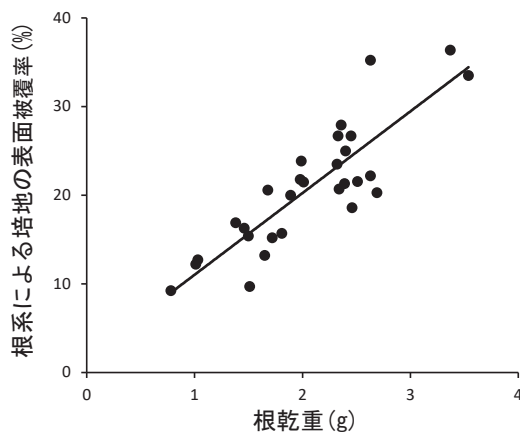


図-4. コンテナ苗の根乾重と根系による培地の表面被覆率の関係

表面被覆率は根量よりも根鉢の強度と強く関連しており、非破壊計測が可能であることも含めて、指標として優れているといえるだろう。また、培地の含水率も説明変数として採用されたが、標準化回帰係数は表面被覆率よりも小さい傾向にあり、3回目のモデルでは有意ではなかった。したがって、本実験における含水率の範囲では、表面被覆率の方が根鉢の強度に対して強く影響すると思われる。

以上の結果から、表面被覆率は挿し木コンテナ苗の根鉢強度の指標として利用可能であり、出荷に適した根鉢の形成状態を目視で判断することができると考えられる。本研究でコンテナ苗培地の含水率が高かった灌水1日後の実験の結果では、27%以上であれば3回の落下の衝撃を受けても、許容できる脱落培地率に設定した6%以内に収まっていた(図-2(a))。通常、苗は灌水1日後に出荷されることが多いことから、運搬中などのある程度の衝撃に耐えられる、出荷に適した根鉢形成状態として、灌水1日後の計測に基づく表面被覆率27%が最低限の基準の一つとなり得るだろう。ただし、今回採用した6%という閾値は暫定的な値であり、今後異なる閾値が推奨される可能性もある。したがって、それに合わせた表面被覆率の基準の適切な修正も検討していく必要があるだろう。また、根量よりも表面被覆率が根鉢強度の指標として優れていたことは、根系の量そのものではなく根の形態と発達様式が根鉢の強度に大きく関与する可能性を示している。したがって、灌水等の育苗方法と根の形態的な発達との関係も、強度の高い根鉢を早期に形成する上で重要な研究課題となるだろう。一方、本稿で試行した表面被覆率の推定の画像解析では、目視による判断に頼る部分を含んでいる。今後の実用化に向けては、機械学習法等を用いたより客観的な表面被覆の推定方法の確立も望まれる。

謝 辞

本研究の一部は農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」および日本学術振興会科学研究費補助金

(16H14945)の支援を受けて行った。

引用文献

- 蛭子雄太 (2017) スギさし木コンテナ育苗におけるフルボ酸溶液の効果. 九州森林研究 70: 83-84
- 遠藤利明 (2007) コンテナ苗の技術について. 山林 1478: 60-68
- 平田令子・大塚温子・伊藤 哲・高木正博 (2014) スギ挿し木コンテナ苗と裸苗の植栽後2年間の地上部成長と根系発達. 日林誌 96: 1-5
- 伊藤 哲 (2016) 低コスト再造林の全国展開に向けて—研究の現場から—. 山林 1585: 2-11
- 伊藤 哲・平田令子 (2019) ココナツハスク 100%培地は保水性も透水性も良好. (低コスト再造林への挑戦—貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化. 中村松三・伊藤 哲・山川博美・平田令子編著, 日本林業調査会). 56-65
- 伊藤 哲・新保優美・平田令子・溝口拓朗 (2019) 異なる灌水条件下で夏季植栽したスギ挿し木コンテナ苗および裸苗の活着とその要因. 日林誌 101: 122-127
- 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—. 日林誌 98: 135-138
- 中村松三 (2019a) 1.1. 再造林をとりまく現状と課題. (低コスト再造林への挑戦—貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化. 中村松三・伊藤 哲・山川博美・平田令子編著, 日本林業調査会). 14-23
- 中村松三 (2019b) 3.1. コンテナ苗とは?. (低コスト再造林への挑戦—貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化. 中村松三・伊藤 哲・山川博美・平田令子編著, 日本林業調査会). 56-65
- R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- 林野庁 (2019) 平成 30 年度森林・林業白書. 全国林業改良普及協会
- 齋藤隆実・小笠原由美・飛田博順・矢崎健一・壁谷大介・小黑芳生・宇都木玄 (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
- 鳥根県地域研究センター (2018) スギ・ヒノキのコンテナ苗生産の手引き (改訂版). https://www1.pref.shimane.lg.jp/admin/region/kikan/chusankan/shinrin/shcn_kai.data/kontenanaetebiki_kai.pdf (2020年1月25日参照)
- 新保優美・平田令子・溝口拓朗・高木正博・伊藤 哲 (2016) スギコンテナ苗は夏季植栽で本当に有利か?—植栽時の水ストレスから1年後の活着・成長・物質分配までの比較—. 日林誌 98: 151-157
- 田村 明 (2013) 北海道におけるコンテナ苗活用における優良種苗の普及. 森林遺伝育種 2: 142-148
- The GIMP Development Team (2019) GIMP—GNU Image Manipulation Program. Available from: <https://www.gimp.org> (2020年1月20日参照)
- 内村慶彦・河野雄一・是枝久巳 (2017) 根鉢容量 150 cc のスギコンテナ苗の生存率と初期樹高成長は裸苗や根鉢容量 300 cc のコンテナ苗と異なるのか?—鹿兒島県における春季植栽事例—. 森林立地 59: 45-51
- 宇都木玄 (2019) 3.2. コンテナ苗の活着と成長. (低コスト再造林への挑戦—貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化. 中村松三・伊藤 哲・山川博美・平田令子編著, 日本林業調査会). 66-74
- 山川博美・重永英年 (2019) 事例 8 コンテナ苗をいつ植える—活着と成長への効果. (低コスト再造林への挑戦—貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化. 中村松三・伊藤 哲・山川博美・平田令子編著, 日本林業調査会). 80-81
- 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. 日林誌 95: 214-219
- 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) 九州におけるコンテナ苗生産の課題. 九州森林研究 69: 11-17