

【特集】 今後の種苗供給における林木育種の課題

北海道におけるコンテナ苗活用による優良種苗の普及

田村 明^{*1}

はじめに

北海道育種基本区における優良種苗としては、グイマツ雑種 F₁ の中に「クリーンラーチ」がある。この品種は成長が優れるため、二酸化炭素の貯蔵量が7%から20%向上する(北海道立林業試験場2009)。トドマツの中にも二酸化炭素の貯蔵量大きい品種が見つかり、従来の種苗と比べて平均10%向上することが予想されている(田村2010)。さらに、現在進めている第二世代精英樹(エリートツリー)は成長、材質、曲がり等が優れているため、これらの種苗を生産・普及することによって、育林コストの低減だけでなく、材質向上による高付加価値化を期待することができる。

近年、育林コストを低減する手段の一つとして、コンテナ苗を使った育苗技術がある。コンテナ苗とは、根鉢が成形された鉢付き苗で、マルチキャビティコンテナによって育成されるものがある(写真-1)。

コンテナ苗の長所として、①育苗期間が短縮できる、②裸苗のように大きな植え穴をつくる必要がないため、植栽効率が、③裸苗と違って根を切ったりすることがないので、植え付け後の生存率や成長が良いとされて

いる。例えば、オーストリアでは裸苗を植栽する場合、3200本/haだったのが、コンテナ苗にすることで2200本/haの低密度で植栽することができ、更新期間も約8年から約4年に短縮できたとしている(林木育種センター2012)。このように、コンテナ苗の利用は、特に初期の育林コストを低減できる手段の一つとして期待されている。さらに、優良種苗をコンテナで生産することによって、育苗から育林段階までのトータルコスト低減や価値の高い木材生産が期待でき、最終的には森林林業・林産業再生に貢献できると思われる。

林木育種センター北海道育種場では、「平成23年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の中で東京大学北海道演習林と協力しながらエゾマツのコンテナ苗の育苗技術の開発を行っている。2012年のエゾマツのコンテナ育成試験の結果や海外のコンテナ育成マニュアル(Landis et al.1990-2010)を引用しながら、北方系針葉樹の実生苗を育成する場合に必要な技術的な課題等について考えてみたい。

コンテナ苗(実生)の育成技術の課題

種子精選

コンテナのセルに播種した種子が100%発芽すれば、培土や温室のスペースを有効利用できるなど、生産コストを削減することができる。発芽能力のある種子を簡易に選別する方法としては、水やアルコールを使った比重選、篩などを使った選別、IDS法(Incubation-drying-separation)、光選別法およびこれらの併用法がある。筆者らは2010年にフィンランドの民間種苗会社UPM社を訪問した。この会社ではヨーロッパトウヒの苗木を毎年500万本生産している。ヨーロッパトウヒの種子を常温の水に16時間浸漬することで、シイナと充実種子を選別でき、充実種子を1セル1粒播種することで95%発芽する。また、エゾ



写真-1 マルチキャビティコンテナ (JFA300) とコンテナ苗

*E-mail: akirat@affrc.go.jp

¹たむら あきら 森林総合研究所 林木育種センター北海道育種場

マツではエタノール（濃度 99.5%）で選別することによって、精選前に比べて発芽率が約 40 ポイント向上したとしている。また、エタノール選後の充実種子を水選時間で選別することで、さらに発芽率が向上したとしている（黒丸ら未発表）。一方、スギやトドマツのように種子の精選が難しい樹種の場合は、セルに複数の種子を播き、最後 1 本に残す方法がある。しかし、間引くコストがかかることや、複数発芽した場合は、競争効果によって小さい苗木になってしまう問題がある。別の方法としては、最初に小さいコンテナに播種し、発芽した苗だけを大きなコンテナに移植する方法である。植替えのコストがかかることや、植替えの時期や技術が適切でないと成長が一旦止まるなどの問題が生じる場合がある。次に、シングルセルシステムの利用である。これは一つ一つセルを取り外しすることができるコンテナで（写真-2）、直接播種して発芽しなかったセルを、後から取り外すことができる。また、苗木の成長に応じて、セルの密度を調整しながら、径の太い苗木を生産することもできると考えられる。



写真-2 BCC社のシングルセルシステム

発芽促進処理

発芽促進処理は、発芽能力のある種子を、確実に発芽させるために必要な処理である。また発芽勢を整えることができるため、苗木の成長量の均一化に関係する。発芽時期を早める効果も期待でき、その分だけ生育期間を長くすることができ、苗木を大きくすることができる。図-1は低温湿層処理しなかった場合のダグラスファーの各家系の発芽率の変化を表している。低温湿層処理しないと家系によって発芽率や発芽日がバラつくのが分かる。また播種床の温度、湿度も重要である。海外では発芽のための温室があり、冬季に温室内で播種し、発芽を早めることによって生育期間を長くし、育苗年数を短縮して

いる場合もある。

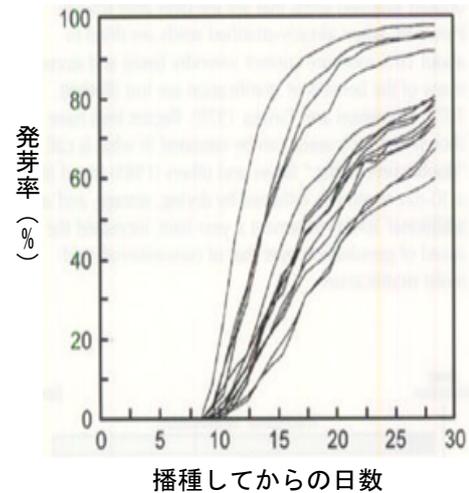
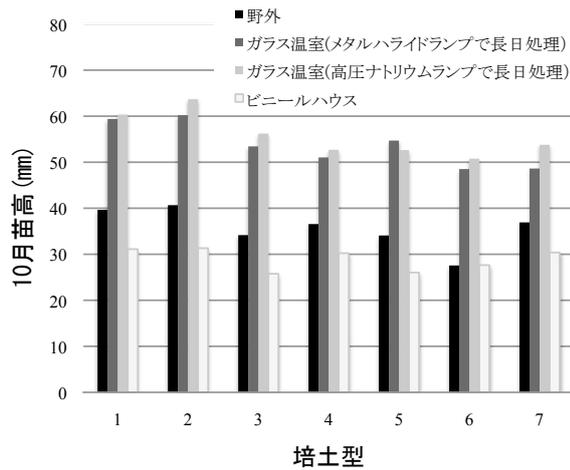


図-1 低温湿層処理をしない種子の発芽率

The container tree nursery manual, Volume6 (Landis et al.1999) の Figure 6.2.22 を改変。図中の各折れ線は家系ごとの発芽率の変化を表す。

培土

培土が良くないと、根茎がしっかりした苗木を作ることができないため、植栽後の生存率や成長量が低下する。コンテナ苗はセルと呼ばれる限られた空間で数年間育てられる。その間に、培土の化学組成が変化したり、雑菌の影響で成長が持続しなくなる可能性があるかもしれない。そのため、長期間、保水性、保肥性、通気性等を持続できる培土が望まれる。また、輸送時や植え付け時のハンドリングがしやすいように軽くて、根の成形性が保たれやすく、さらには安価で簡単に入手できる培土が望まれる。北米で1番利用されている培土はピートモスとバーミキュライトのミックスである。この培土は、経済性、保水性、保肥性、通気性、軽量性、無菌性で良好な特徴をもつため人気がある。特にピートモスとバーミキュライトが1:1の組成の培土が多く利用されている。筆者らは、4つの異なる環境下で、様々な培土を使ってエゾマツの苗木を育成してみた（図-2）。その結果、1年生の結果ではあるが、ミズゴケ主体のピートモス：バーミキュライト=1:1（培土型2）が最も成長が良く、エゾマツの場合でも、北米で最も使用されている培土が適することが示唆された。



培土型	組成
1	ピートモス (ミズゴケ) 100%
2	ピートモス (ミズゴケ) : バーミキュライト = 1 : 1
3	ピートモス (ミズゴケ) : バーミキュライト : 黒土 = 5 : 2.5 : 2.5
4	ココピート 100%
5	ピートモス (アシ主体) 100%
6	ピートモス (アシ主体) : バーミキュライト = 1 : 1
7	ピートモス (アシ主体) : バーミキュライト : 黒土 = 5 : 2.5 : 2.5

図-2 培土によるエゾマツコンテナ苗の苗高の違い

コンテナ種類と容量

現在、日本で利用されているコンテナは、林野庁が森林総研の協力を得て開発した JFA マルチキャビティコンテナや宮崎県林業試験場が開発した M スターコンテナなどがある。海外では BCC 社や LIECO 社が開発したコンテナがあり、様々な形状のコンテナがある。海外で最初に開発されたのはサイドにスリットが無く、中にリブがある第一世代のコンテナである。次に開発されたのが、サイドにスリットが有る第二世代のコンテナである。第一世代のコンテナ苗のセル内では、リブに当たった根がそのまま下降し、空気と接する底面部分で沢山の細根が発生する。一方、第二世代のコンテナ苗は、側面と底面に穴が開いているため、根鉢の表面に多数の細根が発生する。細根が多いため強固な根鉢ができ、苗木を梱包して輸送する際の型崩れが少ないと考えられる。造林後も自然な根の発達を示し、初期成長も期待できると思われる。

しかし、第二世代のコンテナ苗は、コンテナから苗木を抜きにくいなどの問題が指摘されている。また、樹種によっては第一世代のコンテナでも健全なコンテナ苗が生産することができ、造林後の成功例もあるため、一概に第二世代のコンテナが優れているとは言えない。今後の研究結果や造林成績を見て、それぞれの樹種にあったコンテナを選んでいく必要がある。

図-3A の写真はコンテナの容量に対して成長しすぎた苗木の根茎の状態である。根が絡まっているのが分かる。図-3B は、あるセル容量のコンテナで育てた場合の苗木の根元径と、造林後の生存率の関係を示したものである。根元径がある閾値を超えると、生存率が下がっている。つまり、それぞれのコンテナのセルの容量に対して、最適な苗木のサイズが存在することを示している。

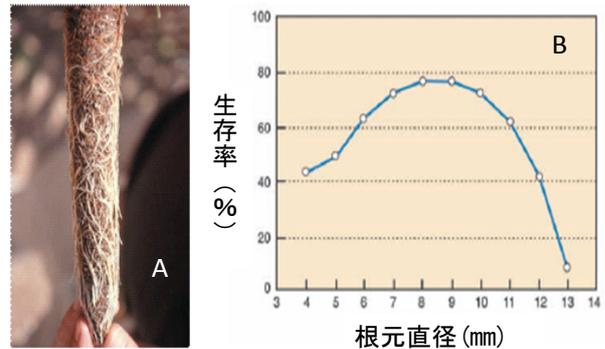


図-3 苗木の規格に応じたコンテナの選択

The container tree nursery manual, Volume 7 (Landis et al.2010) の Figure 7.2.4 を改変。

図-4 は、目的とする規格の苗木を作るために、どのコンテナを選択すれば良いかを示した図である。左の 1 番から 16 番に向かってコンテナのセル容量が大きくなっている。例えば、White spruce の場合、根元直径が 1.8mm 以上、苗高 10cm の苗木を作りたい場合は、1 番と 2 番のセル容量の小さなコンテナを選ぶ。一方、根元直径 2.6mm 以上で苗高 24cm の苗木を作りたい場合は 14 番から 16 番のセル容量の大きなコンテナを選ぶ。なお、樹種が違っても同じ苗高でも、使うコンテナが異なる。このように、日本においても樹種ごとに目標とする苗高、根元径、さらには樹種特有の根茎の分岐特性に応じて、使うコンテナのセルの容量や形状を選ぶ必要があるのではないかと考えられる。

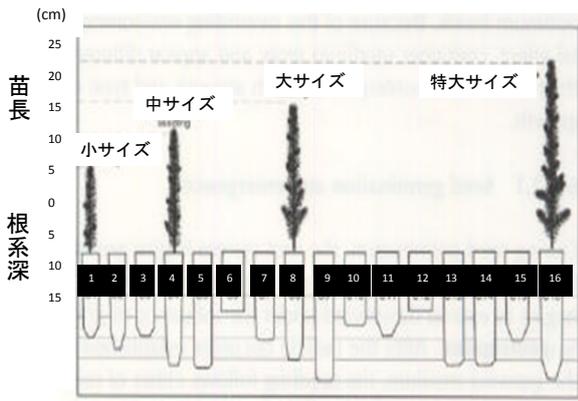


図-4 苗木の規格に応じたコンテナの選択

The container tree nursery manual, Volume 6 (Landis et al. 1999) の Fig 6.1.5 を改変

環境管理 (成長期)

図-5 は一般的な苗木の各器官の成長リズムを示している。苗木の成長は、3つのフェーズに分けられる。最初は発芽して子葉が展開し、本葉が発生する「発芽・初期成長期」である。次に地上部が急激に成長する「成長期」である。最後に休眠や耐寒性を備えるための準備期間の「順化期」である。

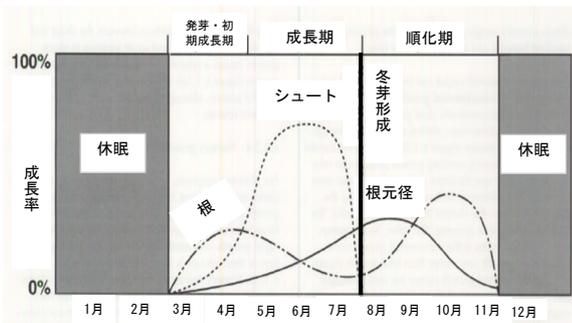


図-5 苗木の各器官の月別成長率の変化

The container tree nursery manual, Volume 6 (Landis et al. 1999) の Figure 6.1.10 を改変。

器官別にみると、苗高は春から夏の「成長期」に伸びる。根系の成長は、「発芽・初期成長期」と「順化期」に2回ピークがある。また根元直径は「成長期」の後半から「順化期」にかけて成長する。各器官の成長リズムに合わせて、施肥や生育環境を変える必要がある。表-1に White spruce の育成方法を示した。「発芽・初期成長期」

は、温度を高くし、種子や芽生えが乾燥しないように湿度を高めにする。「成長期」は、高圧ナトリウムランプを使って日長を20時間にして苗木の伸張を促進する。また、空気中の二酸化炭素濃度を高くすることによっても成長を促進する。「順化期」は、日長処理を終了し、気温を低くし、軽い水ストレスを与えることによって、冬芽形成と休眠を誘導する。

筆者らは温室内でエゾマツ1年生苗に対し、18時間の日長処理を2箇月(7月中旬から9月上旬)行った。その結果、従来の苗木に比べて苗高が約2倍促進した(図-2)。今回は7月から9月に日長処理したが、海外では夏至を挟んで長日処理することによって、点灯による電気代を節約することができると考えられる。

表-2は、コンテナ苗に液肥を施肥する場合の無機栄養塩別の濃度を示しています。「発芽・初期成長期」は根系の発達を促すためにリンを多めに施肥する。「成長期」は窒素を多めにし、苗木の伸長を促進する。「順化期」は耐凍性を備えた組織を作るためにカリウムを多めにする。

図-6はLoblolly pineの順化期間と植え付け後の生存率の関係を表した。順化期間が短いと寒害を受けやすくなり、植え付け後の成長や生存率が悪くなる。冬季の寒害防止と造林後の高成長・高生存率を期待するためには、十分な順化期間が必要であると考えられる。

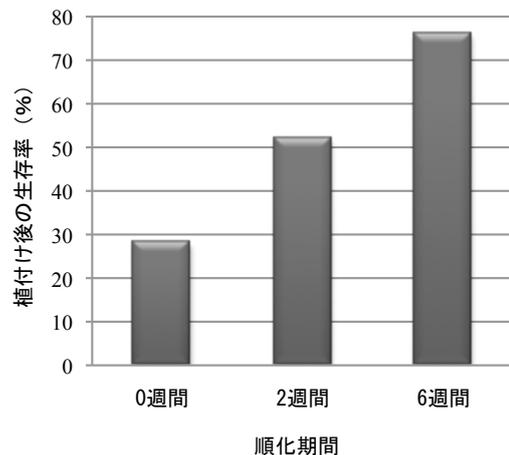


図-6 Loblolly pineの順化期間と造林後の生存率の関係 The container tree nursery manual, Volume 6 (Landis et al. 1999) の Figure 6.4.6 を改変。

表-1 White spruce のコンテナ苗の育成方法の例
生産目標：苗高 17cm (12-25 cm) , 直径 3.0mm (2.4mm 以上)

	3月中旬	3月下旬	4~7月上旬	7月中旬~
フェーズ	発芽・初期成長期		成長期	順化期
日長	自然条件	20時間 (HPS)		自然条件
日中気温	27 °C	22 °C		12 °C
夜間気温	27 °C	19 °C		10 °C
湿度	80 %	70 %	60 %	50 %
CO ₂	自然条件	800 - 1000 ppm		自然条件
灌水	ミスト (培地表面)	軽い灌水 (湿潤時 80 %)	湿潤-乾燥 (80 %時灌水)	軽い水ストレス (75 % 灌水)

表-2 コンテナ苗に液肥を施肥する場合の無機栄養塩別の目標濃度

無機 栄養塩	目標濃度 (ppm)		
	発芽・ 初期成長期	成長期	順化期
N	50	150	50
P	100	60	60
K	100	150	150
Ca	80	80	80
Mg	40	40	40
S	60	60	60

環境管理 (冬季)

図-7に、器官別の耐寒性を示した。縦軸が耐凍性の温度である。シュートに比べて、根系は耐凍性が低いことが分かる。コンテナ苗は苗畑にある裸苗と違って、根茎が薄いプラスチックで保護されているだけなので、越冬する場合は裸苗より寒乾害を受けやすいと思われる。海外では、コンテナを地面の上にとまとめて置き、周囲に板やノコ屑をかけて保護する。また雪を人工的に被せて越冬させることもある。

苗木の出荷

図-8は床上げ時点における5°C以下の積算冷温時間と、冷凍(蔵)庫に貯蔵した場合の貯蔵時間に対する裸苗の各種ストレス(低温、収穫、輸送、植栽等)に関わるストレス)抵抗性の関係を示した。Class2

の領域は、各種ストレス抵抗性が上昇している時期である。Class1の領域は、各種ストレス抵抗性が最も高い時期で、この時期に苗木の出荷するのが望ましいとされている。Class3の領域は、休眠解除が進み、各種ストレス抵抗性が減少する時期に当たる。苗木生産地と造林地で標高や距離が大きく異なる場合は、輸送時の乾燥や気候の違いによって、造林後に被害を受けることがある。輸送時や造林地での被害を受けにくくするため、出荷時の苗木のClassが1になるように床上げ時と冷凍(蔵)庫の貯蔵時間を調整することが重要である。

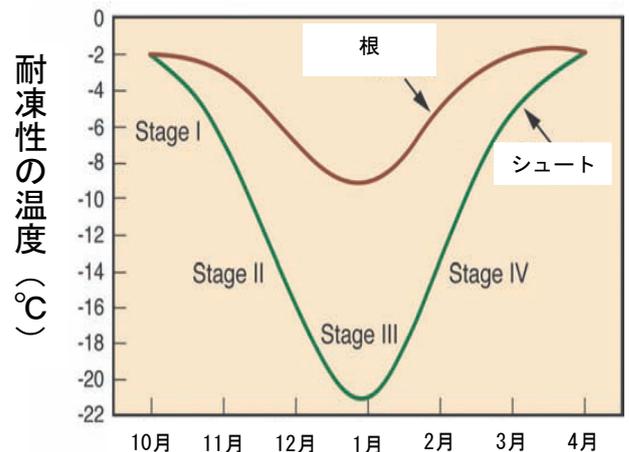


図-7 苗木の各器官の耐寒性
The container tree nursery manual, Volume 7 (Landis et al.2010) の Figure 7.2.15 を改変。

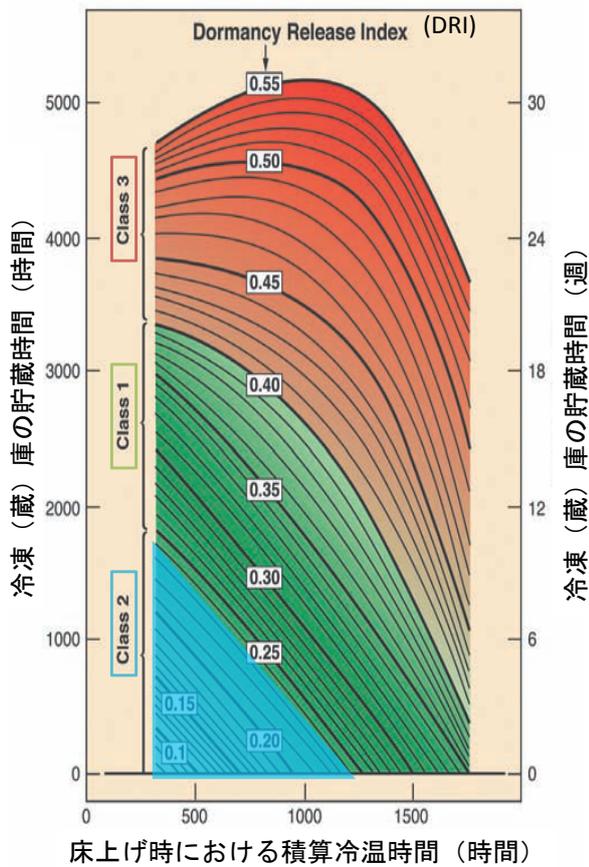


図-8 苗木の各種ストレス抵抗性と貯蔵時間の関係
The container tree nursery manual, Volume 7 (Landis et al.2010) の Fig.7.2.39 を改変。図中の Dormancy Release Index (DRI) は、休眠解除指数で、高い値ほど休眠解除が進み、開芽までの日数が短くなっていることを表す。

また北海道では、冬季間、露地にコンテナを置くと、暗色雪腐れ病に感染する可能性がある。冷凍庫や冷蔵庫で保管することは、暗色雪腐れ病を回避する上でも有効な方法だと考えられる。このように、北海道ではコンテナ苗を冬季間、適切に管理することによって、従来の苗木よりも高い成長量や生存率が期待できる。特に、エリートツリー等優良種苗をコンテナ苗として適切な時期に適地に出荷・植え付けすることによって、優れた遺伝的特性を十分発揮できると考えている。

苗木の規格

現在は、樹種ごとにコンテナ苗の規格が決まっているが、これはあくまでも暫定的なものである。北

海道の場合、脊梁山脈を中心に西と東で大きく気候が異なる。西側ではササが濃く、積雪深が深く、根雪期間が長い暗色雪腐れ病が発生する。このような場所では、初期成長を良くし雪害等の被害を少なくするために、根元径や苗高が大きいコンテナ苗が必要になってくるかもしれない。一方、東側では春の土壌温度が低い地域がある。通常、根は10度以下で伸長しないため、このような場所では比較的短くコンパクトな根系をもつコンテナ苗を使う方が、雪解け後の表層の土壌の暖かい温度を利用するのに有利と思われる。今後は、造林者と苗木生産者が連携して、造林地の環境に適する規格のコンテナ苗を生産・利用していく必要があると思われる。

産地・家系

多くの樹種で採取した標高や産地によって成長が異なることが知られている。特に高標高、高緯度の苗木は日長の感受性が強く、冬芽を早く形成するため苗木のサイズが小さくなることがある。生産者によっては、長日処理や施肥濃度を変えることによって他の産地の苗木に揃えている場合がある。筆者らは北海道内でエゾマツが天然分布する15産地から種子を採取し、それらの苗高を調べてみた。1年生の結果ではあるが、産地によって苗高が異なる傾向が見られた。産地に応じて育苗方法を変える必要が出てくるかもしれない。

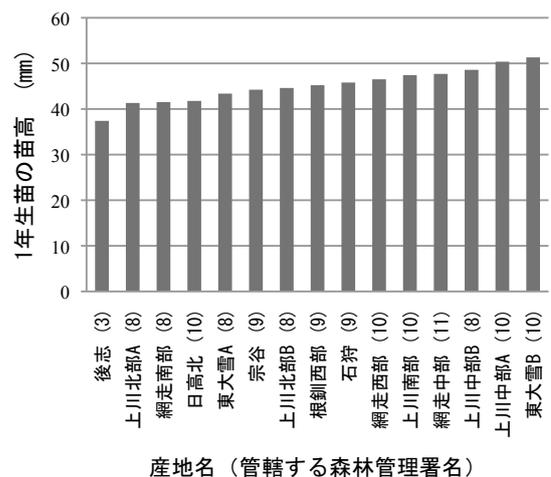


図-9 エゾマツ1年生苗の苗高の産地間差
括弧内の数値は、供試母樹数を表す。

おわりに

海外では、コンテナ苗の規格は決まったものではなく、造林地での評価を元に常に Update していく必要があるとしている。今後、日本でも造林地の成績を見ながら、常により良い規格に変更するとともに、そのための生産技術を開発していく必要があると思われる。また、コンテナ生産技術を使えば初期成長が優れたエリートツリー等の優良品種の特性を十分に発揮できる可能性がある。一方、ハウスや温室内で肥培管理され、成長が促進されたコンテナ苗は、通常の裸苗よりも軟弱多汁、いわゆる充実していない苗木になる可能性がある。そのような苗木は気象害だけでなく獣害も受ける危険性がある。出荷前にコンテナ苗の健全性を評価する方法も考える必要がある。またコンテナ苗は、いつでも植林できることを謳い文句にしているが、造林地の環境に合わせ、各種ストレス抵抗性を持った健全なコンテナ苗を植栽しなければ、その性能は十分発揮できないばかりか、造林後大きな被害が起きる危険性もある。コンテナ苗を本格的に普及する前に、様々な課題を関係機関が連携して克服していく必要がある。

謝 辞

本研究を実行する当り、ご指導とご助言を頂いた北海道総合研究機構林業試験場黒丸亮博士、東京大学大学院農学生命科学研究科後藤晋准教授、林木育種センター生方正俊博士、北海道森林管理局阿部正信氏、佐々木洋一氏、調査を補助して頂いた竹田理恵子氏、鶴飼裕子氏、吉田美智子氏、千野裕美子氏、田中昌子氏、三浦あけみ氏、松坂真紀子氏および北海道育種場の職員の皆さんに厚く感謝申し上げます。

引用文献

北海道立林業試験場 (2009) 種苗の品種にこだわる時代がやってきた. グイマツ雑種 F1 の特定品種「クリーンラーチ」と「スーパーF₁」. 北海道立林業試験場, 美唄市, 北海道 (<http://www.hfri.pref.hokkaido.jp/kanko/fukyu/pdf/cleanlarch.pdf>)

森林総合研究所林木育種センター (2012) 「効率的な

コンテナ苗生産のための技術検討会」におけるパネルディスカッションに用いたプレゼン資料. (<http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/kaigai/kontenanae.html>)

田村明 (2010) 二酸化炭素固定・吸収量の高いトドマツ品種の開発. 平成22年度版森林総合研究所北海道支所年報: 56-57

Landis TD, Tinus, RW, McDonald, SE, Barnett, JP (eds) (1990-2010) The container tree nursery manual, Volume 1-7. Agricultural Handbook 674. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC (<http://www.rngr.net/publications/ctnm>)