

少花粉スギ・ヒノキコンテナ苗生産技術の確立

藤原 直哉

Establishment of production technology of container seedlings for less pollen varieties *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*

Naoya FUJIWARA

要 旨

藤原直哉：少花粉スギ・ヒノキコンテナ苗生産技術の確立 岡山県農林水産総合センター森林研究所研報39：11-26（2025） 県内における造林用苗木の需要は、従来の裸苗から、ほぼコンテナ苗に移行し、育苗現場でもコンテナ育苗が中心となりつつある。そこで、コンテナ苗の生産効率向上を目的として、選別種子の導入による直接播種について、育苗試験を行った。まず、風選機や種子選別機による選別種子の生産を検討し、選別効率を調べた。次に、種子の催芽条件を明らかにするため、湿潤処理や加温による種子糖化酵素の活性化条件を調べ、発芽が促進される基礎条件と、それによる実際の発芽促進効果を確認した。また、県内で発生する針葉樹バークに着目し、コンテナ用培土の代替資源としての利用可能性を探り、既存培土への混合利用を実証した。さらに、測定機器による培土中肥料濃度の把握方法の有効性、温室を利用した成長促進技術、底面灌水技術や、光環境が与えるコンテナ苗の成長への影響について、それぞれ検証した。また、少花粉モデル林4か所に植栽した少花粉スギ・ヒノキコンテナ苗の成長について、植栽後の調査を実施した。

キーワード：アミラーゼ、光環境、コンテナ苗、選別種子、少花粉

I はじめに

岡山県では、「第3次晴れの国おかやま生き生きプラン」（岡山県 2021）により、花粉の飛散を低減させることを目標に、重点施策として、少花粉スギ・ヒノキ（以下、スギ、ヒノキ）の苗木の植替え割合を、2024年度までに100%とする取り組みを実施している。さらに、「おかやま21 森林林業ビジョン」（岡山県 2020）でも、2030年度までの植替え割合95%以上に目標としている。また、それに関連する対策として、再造林の効率化を図るために、コンテナ苗による育苗を推進している。苗畑を利用した従来の育苗と比較し、容器を利用したコンテナ育苗は、その生産工程が大きく異なっている。現在取り組まれているコンテナ苗の栽培状況については、①苗畑で1年間育成した幼苗を、コンテナトレイに移植する（幼苗移植）、②種子をセルトレイに播種し、数か月育成した後にコンテナトレイに移植する（セル苗移植）、③種子を、直接コンテナトレイに播種する（直接播種）の3つの方法がある。それぞれに一長一短があるが、省力化には、③の直接播種が最も適すると考えられ、コンテナトレイや培土、肥料のロスを抑制するために、発芽率の高い種子（高発芽種子）の使用が必要であり、このためには、あらかじめ種子の選別により、高発芽種子を分別する必要がある。これまで、種子の選別方法には、

風選、水選、塩水選、アルコール選、せっけん水選等、主に種子の重量や、比重の差を利用した選別方法があった（近藤 1998）。しかし、近年では、近赤外光の照射による種子の含有成分の測定が可能になり、針葉樹の種子についても、先進技術を駆使した高度な種子の選別方法が開発された（Matsuda *et al.* 2015）。このため、岡山県では、2020年度に、高精度で充実した種子の分離が可能な充実種子選別機（九州計測器製）を購入し、本機器による選別種子の苗木生産現場への普及を検討した。この課題では、選別種子の選別過程における諸問題と利用の可能性について検証を行った。

一方、スギ・ヒノキの種子の発芽条件についての科学的な知見が乏しいことから、発芽の過程で重要な役割を果たす種子の酵素活性について研究し、活性を高め、種子の発芽率を向上させるための処理時間や温度について検討を行った。さらに、種子の酵素活性を高める条件を利用した催芽試験を行い、種子の発芽促進効果を確認した。

また、培土の主要資材として利用されるヤシガラ培地について、一部、原材料の枯渇が懸念されている（柴崎ら 2017）ことから、代替資材として、製材工程で余材として発生する針葉樹バークの利用を検討し、コンテナ

育苗培土への利用可能性を調べた。

次に、苗木生産者からの要望が強いコンテナ育苗における施肥管理については、従来から明確な指針が示されていないことから、今回、試験的に肥料濃度の測定を行い、コンテナ培土中の肥効の持続性を調べた。さらに、温室や、ビニールハウスを利用したコンテナ育苗について、育苗期間の短縮と低コスト化を目標に、播種時期ごとに、苗木の成長を測定し、比較した。また、スギのコンテナ苗で実用化が検討されている底面灌水の実際（近藤 2022）について、ヒノキのコンテナ苗への適用性を試験した。

育苗段階におけるコンテナ苗の成長に対する光環境については、西日本各地で生産者の意見が異なり、ほ場における寒冷紗による庇陰の設置状況も多様である。そこで、苗木の生育段階における光環境の影響を明らかにするため、遮光による苗木の育成条件を調べた。

一方、植栽されたスギ・ヒノキコンテナ苗の成長について、様々なデータを蓄積し、各造林地の参考とするために、2021年度から新たに設置された少花粉品種のモデル林における苗木の成長を調査した。

本課題は、単県課題「スギ・ヒノキコンテナ苗の生産技術の確立（2021～2023年度）」のほか、種子採取事業、「少花粉スギ・ヒノキ普及加速化事業（2020～2023年度）」、および、「岡山県スギトライアル生産支援事業（2022～2023年度）」で実施した。

II 材料と方法

1. 種子の選別

（1）風選機による種子選別

風選式の種子精選機（本山製作所製）によって、2019年度産スギ・ヒノキ種子（各500ml）の選別を検討した。また、選別前の種子、選別後の種子、除去された種子について、2020年2月下旬、常法に従って発芽試験（n=30、3反復）を行い、発芽率を比較した。

（2）充実種子選別機による種子選別

2020、2021年度の10月、所内の少花粉品種採種園より採取し、冷凍庫（-20℃に設定、以下、種子の保存方法は同様。）内に保存したスギの種子とヒノキの種子について、2022年1月下旬、各3ロット（1ロット300g）を選別試験に供試した。種子の選別は、充実種子選別機（九州計測器製、以下、選別機）を使用し、充実種子の選別基準であるSQI値を、スギでは40、ヒノキでは35に設定した。

この選別機では、設定されたSQI値より低い値を示す種子を充実種子と判定して選別し、閾値より高い値を示す種子を不稔種子として排出する構造となっている。また本機器は、一つのロットに対して3回以上、選別処理を繰り返す条件を基本としているが、今回の選別処理で

は、実際の運用効率を考慮し、選別処理を1回とした。

2. 種子の α -アミラーゼ活性測定

2021年6月上旬、2020年度に採種したスギ・ヒノキの選別種子各1gを、湿潤処理として50mlの水道水を入れた100ml容量のコニカルビーカーに浸し、5、10、15、20、25、30℃に設定したインキュベーター（日本医科器製作所製LH-30-8CT、8時間日長）内に静置した。この種子を、0、1、3、5、7、10日毎に取り出し、種子の α -アミラーゼの活性の変化を、経時的に測定した。

α -アミラーゼ活性の測定は、種子を茶こしで漉し取った後、蒸留水10mlを添加した後、ミル（TESCOM社製TML162）で、1分間粉碎処理を行った。この粉碎液をコニカルビーカーに戻し、往復振とう（100r.p.m、3時間）後、ろ過処理（ADVANTEC社製、ろ紙2C）を行った。その後、ろ液を、市販の α -アミラーゼ測定キット（キッコーマン社製）で処理し、処理液を分光蛍光光度計（e-spect）で測定した。反応条件は、37℃、10分間とした。

3. スギ・ヒノキ種子発芽試験

2021年7月上旬、スギ・ヒノキの選別種子（2020年度のコンテナ用出荷分）各100粒を、ろ紙を2重に敷いた後、吸水させたプラスチックシャーレに播種し、前処理として、スギは気温15℃で7日間、ヒノキは30℃で3日間の湿潤処理を行った。その後、気温20℃の条件下で、4週間、3反復で発芽試験を行った。コントロールは、それぞれ前処理無しとした。

4. バーク培土育成試験

（1）バーク培土試験

2021年8月中旬、真庭木材事業協同組合から購入した針葉樹バーク100lを、気温40℃で、12時間定温送風乾燥処理（ADVANTEC FC-612）後、ハンマークラッシャー（三庄インダストリー製）で粉碎し（以下、バークとする。）、室温で保存した。次に、2022年4月上旬、この粉碎バークに、MAGAMP PLUS K MEDIUM（HYPONEX JAPAN）5g/lに加え、別のNeXCOTE PRO野菜果樹用9カ月（HYPONEX JAPAN）5g/lを混合し、培土として使用した。容器は、コンテナトレイ（150cc容量、リブ+スリット構造、OY150、全苗連、以下、同様。）を使用し、粉碎バークを充填後、2022年4月上旬、スギとヒノキの選別種子を、3粒/キャビティずつ播種（以下、播種方法については、以下、同様。）した。覆土は、鹿沼土（細粒）をふるい（メッシュ 3mm、以下、同様。）で散布した。灌水は、4～11月の期間、自動灌水機で、朝と夕方2回、10～15分間散布した。比較として、豊並培土を使用したコントロールを設定後、苗高と

根元直径を測定した（40本／トレイの3反復）。

（2）バーク混合培土試験

2023年4月上旬、豊並培土にバークを20%（体積比）混合した培土（以下、バーク20%とする。）を使用し、（1）と同様の条件で、3反復で試験を実施した。

5. 肥料成分の測定

2022年1月上旬、豊並培土に、ハイコントロール391（180日タイプ）12.3g/lを混合し、培土とした。これをコンテナトレイに充填後、スギとヒノキの選別種子を播種した。覆土は、鹿沼土（細粒）をふるいで散布した。育苗は野外で行い、灌水は、1～10月の期間、自動灌水機で、朝と夕方の2回、10～15分間散布した。苗木生産者は、それぞれが異なった気象条件にあり、使用する培土や肥料が異なっている。また、灌水条件も様々であり、一律に施肥量やタイミングを決定することが困難である。そのため、施肥の濃度を測定する手段として、ECメーター（竹村電機製作所製 CM-20）を使用し、5～7月の間、育苗中のコンテナ苗について、添付の仕様書に従い、培土中の肥料成分の濃度を測定した。

6. ガラス温室育成試験

（1）春期温室育成

2022年4月上旬、豊並培土に、市販のMAGAMP PLUS K MEDIUM 5g/l, NeXCOTE PRO 5g/lを混合して使用した。これをコンテナトレイに充填後、スギとヒノキの選別種子を播種した。覆土は、鹿沼土（細粒）をふるいで散布した。このコンテナトレイを、4月上旬から、既存のガラス温室（高温時、天窓は自動開閉）内に、2重のビニール温室を設置し、1～2回／日、適宜灌水を実施しながら、5月下旬まで育苗した。その後、ハイコントロール391（270日タイプ、ジェイカムアグリ製、以下、同様。）を各1g／キャビティ追肥し、10月まで野外で育成した（3反復）。

（2）冬期温室育成

2023年1月初旬、豊並培土に、基肥としてハイコントロール391を、1.2g/lを混合後、コンテナトレイに充填した。これに、スギの選別種子を播種した後、鹿沼土（細粒）で覆土した。これらを（1）と同様に育成した。

（3）苗木生産者育成試験

前述の（2）で育成した幼苗を、同年5月下旬～6月上旬の期間、新規に取り組む苗木生産者の苗畑6か所（苗畑A～F）に、それぞれ25トレイ（1,000本）を設置し、各生産者が10月まで育苗管理を行った。その後、苗高と根元直径を調査した。

7. 底面灌水試験

2022年4月上旬、豊並培土に、MAGAMP PLUS K M-

EDIUM 5g/l, NeXCOTE PRO 5g/lを混合して使用した。これをコンテナトレイに、手で充填後、スギとヒノキの選別種子を播種した。覆土は、鹿沼土（細粒）をふるいで散布した。播種後、コンテナトレイを底面灌水トレイに乗せ、自動灌水機で、朝と夕方の2回、底面かん水トレイに、10分間散布しながら11月まで育成した。コントロールは、底面かん水トレイ無しとし、苗高と根元直径を測定した。

8. 異なる光環境におけるコンテナ苗の成長

2023年4月上旬、スギとヒノキの選別種子を、あらかじめ培土圧入機（サンテクノ社製 KYE-2型）で、豊並培土を充填したコンテナトレイに播種した。基肥に、MAGAMP PLUS K MEDIUM 5g/l, NeXCOTE PRO 5g/lを培土充填時に混合した。覆土は、鹿沼土（小粒）を使用した。次に、4月下旬に発芽を確認した後、50%遮光の寒冷紗を全体に設置し、5月下旬まで育成した。その後、6月上旬に、遮光無し（コントロール）、20%遮光（20%区）、50%遮光（50%区）を設け、北側方向を開けた状態で全体を被覆し、10月末まで育苗した。

調査は、苗高については、定規で6～11月までの6回、根元直径については、ノギスで8月と11月の2回、それぞれ中旬に測定した（0.1mm単位）。光条件については、各試験区について、光量子束密度を、高さ20cmに各1か所センサーを設置し、30分間隔で測定した（本体：D1歪み16pl, ログ電子製、センサー：IKS27, KOITO製）。温度については、30分間隔で測定した（TR51i T AND D製）。

なお、病虫害の予防を目的として、スギ用として、殺菌剤のエムダイファー水和剤（500倍）、ステンレス液剤（500倍）、ベンレート水和剤（2,000倍）と、トリフミン水和剤（3,000倍）を、殺虫剤としては、スミチオン乳剤（1,000倍）、アディオン乳剤（1,000～5,000倍）を、1週間ごとローテーション散布した。ヒノキ用として同様に、ベンレート水和剤（2,000倍）、トリフミン水和剤（3,000倍）、スミチオン乳剤（1,000倍）、アディオン乳剤（1,000～5,000倍）をローテーション散布した。

9. 少花粉スギ・ヒノキモデル林の生育調査

2021年度に設置された（1）高梁市と（2）吉備中央町と、2022年度に設置された（3）新庄村、および2023年度設置の（4）新見市の各モデル林（表-1）について、植栽されたスギ・ヒノキコンテナ苗の初期成長を明らかにするため、現地調査を行った。各モデル林への植栽は、それぞれ地域の住民や学生が実施した。

現地調査は、苗木の樹高をスタッフ（0.5cm単位）で、根元直径はノギス（0.1mm単位）で測定したが、植栽初年度は、それぞれの苗木に個体番号を記載した番号テー

ブを巻き付け、識別の目安とした後、苗木の全数を測定した。2成長期経過後は、全体数の25%を抽出して調査した。

表ー1 少花粉モデル林の概要

場 所	植栽日	調査日（初回）	スギ（本）	ヒノキ（本）	備 考
高梁市有漢町	2021/11/28	2021/12/9	120	480	市有林
吉備中央町上田西	2022/2/22	2022/3/8	90	210	町有林
新庄村大原	2022/11/8	2022/11/25	12	498	村有林
新見市哲西町矢田	2023/10/14	2023/12/20	600	0	市有林

Ⅲ 結果と考察

1. 種子の選別

（1）風選機による種子選別

ヒノキでは、風選機の上側ブロー風量を 5.0、下側ブロー風量を 7.5に設定条件した条件下で、軽量種子を分離することが可能であった。発芽試験の結果、選別前種子の発芽率は 61.1%，選別後種子の発芽率は 86.7%，除去された種子の発芽率は 20.0%と、風選処理により、選別前に比較し、発芽率が25.6%向上した。この理由として、風選処理により、発芽率の低い軽量種子が一定量除去された結果、選別後種子の発芽率が向上したと考えられた。また、スギでは、風選機の上側ブロー風量を8.0、下側ブロー風量を 6.0 に設定した条件下で選別した場合、発芽率は、選別前 24.4%，選別後 34.4 %，選別残3.3%と、発芽率は、10.0%しか向上しなかった。ヒノキに比較し、スギでは、選別前後の発芽率はあまり差が無かったことから、当該機器によるスギ種子の選別について、現状では実用性が乏しいことが明確となった。これらのことから、ヒノキは、本手法による種子の選別が可能であるが、スギの風選は困難であるため、別の手法による選別が望ましいと見込まれた。

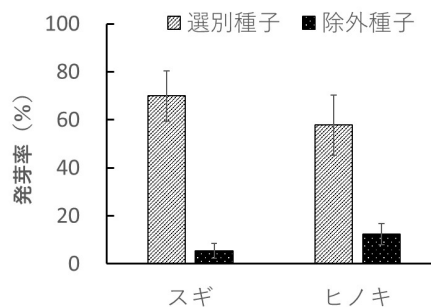
（2）充実種子選別機による種子選別

スギの選別種子の発芽率は69.9%，除外種子の発芽率は5.4%，ヒノキの選別種子の発芽率は57.9%，除外種子の発芽率は12.4%となった（図ー1）。

選別種子の発芽率が、おおむね58～70%となった一方で、除外種子の発芽率が5～12%と、一定の数値を示し、除外種子と判定されたものについても、発芽種子が混入するという結果となった。このため、除外種子と判定された種子については、1回の選別処理ではなく、複数回の選別処理を実施する必要がある、想定の数倍の処理時間が掛かることが想定された。なお、スギ、ヒノキともに、種子への混入物は非常に多く、これらは、充実種子選別機の稼働効率を低下させるとともに、選別種子として判定される例も発生した。種子の選別について、ヒノキは風選機による選別種子と、充実種子選別機による選別種子の発芽率が同レベルであったことから、本県において需要が大きいヒノキについては、風選機による種子

選別が効率的と考えられた。一方、スギについては、風選機による種子選別が困難であったことから、充実種子選別機による種子選別が適していると結論付けられた。

なお、充実種子選別機の故障や誤判定を予防するために、前処理として、種子に混入している針葉等の植物破片などの混入物を、篩やピンセット等を用いて除去する必要が生じたが、多大な労力を要することが判った。このため、ヒノキについては、風選機と充実種子選別機を組み合わせた種子選別により、効率的に発芽率の高い充実種子を選別することが可能と考えられた。



図ー1 発芽率の比較

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

2. 種子の α -アミラーゼ活性測定

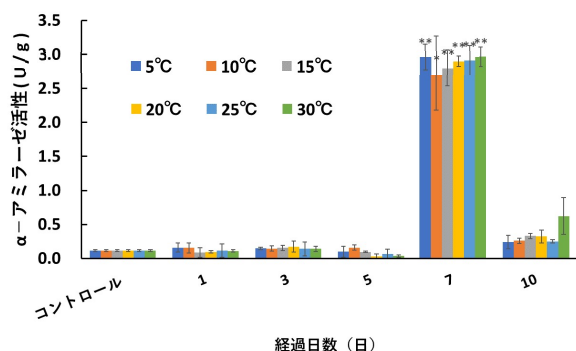
スギ種子の α -アミラーゼ活性の測定結果を図ー2に示す。活性は、湿潤処理開始から7日目に、5～30℃のいずれの温度でも急激に活性化した後、10日目には低下した（図ー2）。この実験結果から、スギ種子の α -アミラーゼの活性は、温度の影響による酵素活性の変化が少ない一方で、水分が存在する条件下で、一定の時間経過によって、急速に酵素活性が上昇することが判った。

従って、スギ種子を効率良く発芽させるための条件として、種子を7日間程度、湿潤条件下に置く前処理が重要と考えられた。

また、ヒノキ種子の α -アミラーゼの活性は、湿潤処理開始後1日目に、例外として気温5℃の条件下で酵素活性が高まったが、特に3日目に、気温25℃、30℃の条件下で、最初の酵素活性の上昇があった（図ー3）。また、5日目に酵素活性は、一旦低下した後、7日目にも2回目の上昇が確認された。このことから、ヒノキ種子の α -アミラーゼの活性は、3日以上湿潤条件に置くことにより、温度が高いほど活性化され、複数回に亘って上昇を示す特性を持つことが示唆された。

α -アミラーゼは、種子の内部に蓄積されたデンプンを、大まかに糖に分解する酵素で、植物の発芽に必要な糖の生成に不可欠な酵素として知られ（Mori 2005），他の農作物でも重要視されている。今回の試験結果により、スギ、ヒノキの α -アミラーゼの活性について、気温と時間の経過による反応の差が明らかとなり、湿潤処

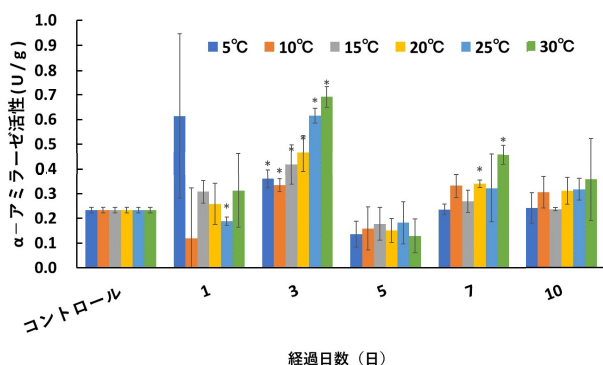
理による催芽条件が判明したことにより、発芽までの期間を短縮することが可能となった。



図－2 スギ種子 α -アミラーゼ活性の変化

t検定 (* : 5%水準, ** : 1%水準で有意を示す。

※ エラーバーは、標準偏差を示す。



図－3 ヒノキ種子 α -アミラーゼ活性の変化

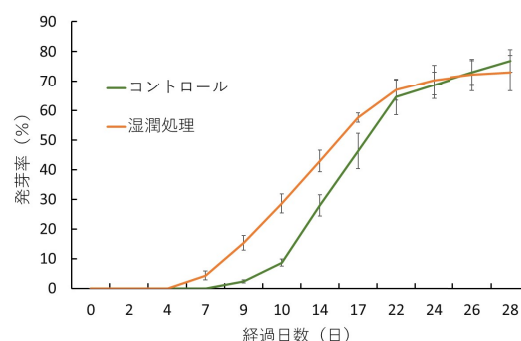
t検定 (* : 5%水準, ** : 1%水準で有意を示す。)

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

3. スギ・ヒノキ種子発芽試験

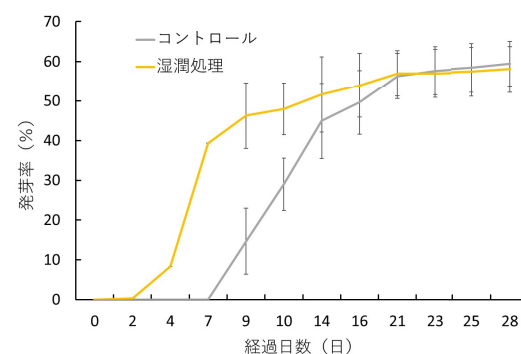
スギの湿潤処理区では、播種後7日後から発芽が始まり、コントロールでは、9日後から発芽が始まった(図－4)。湿潤処理(15°C, 7日間)を行った場合、コントロールに比較し、2～3日間程度早期に発芽が早まった。しかし、その差は時間の経過とともに徐々に短縮し、21日経過後における発芽促進効果は小さかった。一方、ヒノキでは、コントロールに比較し、湿潤処理(30°C, 3日間)した試験区は、早期に発芽率が高まり(図－5)、湿潤処理による発芽促進効果が確認された。特に、播種後、顕著にヒノキの発芽率が向上したことから、湿潤処理は、ヒノキでの実用性が見込まれることが判明した。この後、播種28日後までに、それぞれの試験区における発芽率の差は徐々に縮小し、最終的に一致した。その結果、今回の湿潤処理では、スギ、ヒノキとも数日間の発芽促進効果を示すことが判ったが、湿潤処理に一定

の期間を要した。従って、実際のコンテナ育苗における湿潤処理については、播種後の灌水によっても同様の効果を示すことが予測され、種子の吸水によって発芽が促進されるスギについては、特に、湿潤処理の利点は少ないと考えられた。一方、ヒノキ種子に対する湿潤処理中の加温処理については、実用的な効果を持つことが判った。近年の針葉樹のコンテナ育苗では、生産規模の拡大も進行しており、より効率的な育苗方法が求められることから、発芽時期の同調性を高めることは、その後の生育にも好影響が思われた。



図－4 スギ種子の発芽率

※ エラーバーは、標準偏差を示す。



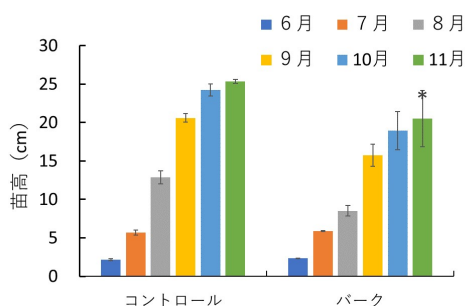
図－5 ヒノキ種子の発芽率

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

4. パーク培土育成試験

(1) パーク培土試験

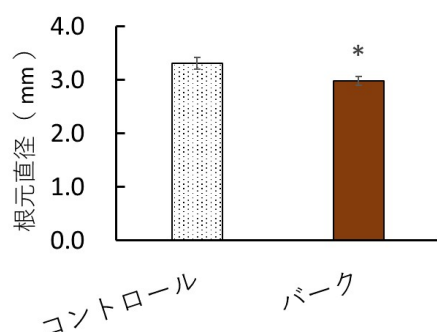
調査の結果、スギ、ヒノキともに、パークを培土とした試験区の成長は有意に劣り(図－6, 7, 8, 9), 特に、成長初期に該当する7～8月に、コントロールでは苗高が2.3倍/月となったのに比較し、パーク試験区では、1.4倍/月と成長量が抑制されていた。調査を終了した11月時点で、スギではコントロールの80.8%, ヒノキでは、コントロールの64%の伸長量となり、ヒノキの伸長が強く抑制される傾向が確認された(図－6)。



図－6 スギの苗高（パーク100%）

t検定（*：5%水準で有意を示す。）

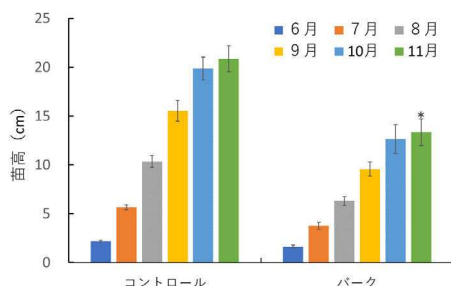
※ エラーバーは、標準偏差を示す。



図－7 スギの根元直径（パーク100%）

t検定（*：5%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

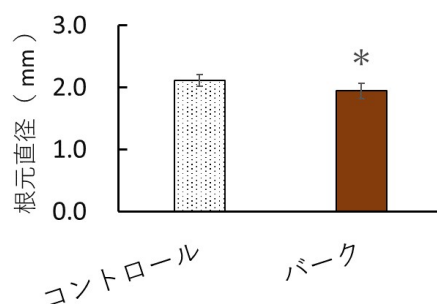


図－8 ヒノキの苗高（パーク100%）

t検定（*：5%水準で有意を示す。）※ エラーバーは、標準偏差を示す。

パークには水溶性フェノール性物質が多く含有されており、植物の生育阻害を引き起こすことが知られている（田近 2016）。今回の試験でも、これらの物質の溶出が根系の生育に悪影響を与えた結果、間接的に、地上部の成長抑制に繋がったものと推測された。一方、根元直径については、スギはコントロール比90.3%、ヒノキではコントロール比91.9%と、やや成長が劣ることが示唆された。

これらのことから、粉碎処理したのみのパークについては、培土の代替品としての利用は困難と見られ、水溶性フェノール性物質を低減させるための堆積処理などの前処理が不可欠と考えられた。



図－9 ヒノキの根元直径（パーク100%）

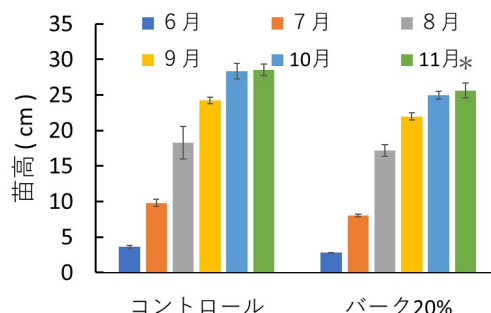
t検定（*：5%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

（2）パーク混合培土試験

調査も結果、スギでは、11月時点の苗高は、コントロールより有意に小さいことが確認された（図－10）。根元直径についても、統計的にやや成長が劣ることが確認された（図－11）。しかし、その差は小さいものであり、今後、育成を継続すれば、出荷規格（苗高35cm以上、根元直径4.0mm以上）に達するものと推測された。

ヒノキでは、苗高についてはコントロールと同等の成長を示し、有意差は見られず（図－12）、ともに出荷規格（苗高30cm、根元直径3.5mm）には至らなかった。経時的な苗木の変化を比較した場合でも苗高の差は小さく、ほぼ同等となった。しかし、根元直径については、パーク20%培土では、有意に成長が抑制されることが示唆された（図－13）。これらのことから、培土への粉碎パークの混合については、少量でも根元直径の成長について、抑制的な効果を示すことが認められた。



図－10 スギの苗高（パーク20%）

t検定（*：5%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

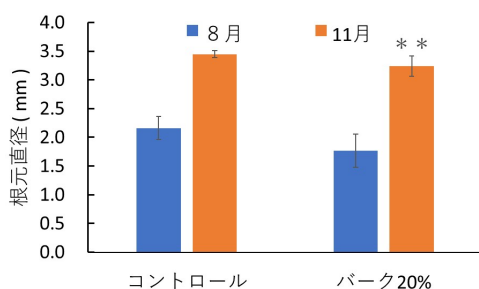


図-11 スギの根元直径（バーク20%）

t検定（**：1%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

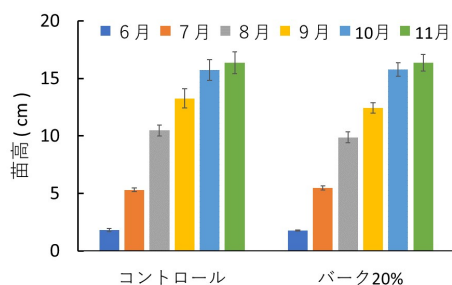


図-12 ヒノキの苗高（バーク20%）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

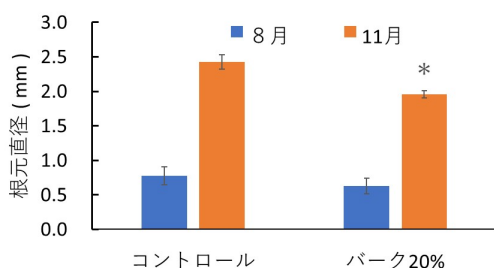


図-13 ヒノキの根元直径（バーク20%）

t検定（*：5%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

5. 肥料成分の測定

ECメーターによる育苗中のコンテナ苗の培土EC値の測定では、スギは、0.1以下～0.8（図-14）、ヒノキでは、0.1以下～0.7であった（図-15）。両樹種とも、測定下限値の0.1を下回る値が測定され、該当のコンテナ苗が、肥料不足の状態にあることが明示された。コンテナ育苗では、限られた培土の乾燥防止を目的とした灌水によって、肥効成分の溶出が起こるため、効率的なコンテナ栽培を実現するためには、EC値の測定による適切な肥料濃度の管理が望ましい。スギ、ヒノキのコンテナ育苗におけるEC値の適正な許容範囲について、参考となるデータ

は少ないが、山林用苗木（スギ、ヒノキの裸苗）の土壌養分診断基準値として、0.1以下、または、0.2以下が示されている（神奈川県 2023）。しかし、実際のコンテナ育苗では、スギ、ヒノキともにEC値が0.8付近を示した場合でも枯死には至っておらず、数値の乖離が大きい。この点については、培土中の肥料成分が局所的に偏在し、それ以外の場所では、細根に影響を及ぼしていない可能性もあり、肥料の分布についても考慮する必要がある。また、コンテナ苗の根量によっても影響の度合いが異なる可能性もあり、生育ステージ毎の調査が必要である。このため、コンテナ育苗におけるEC値の上限については、今後の調査を待つ必要があるが、肥料切れを早期に知る手段として、EC値の測定は、有効であった。

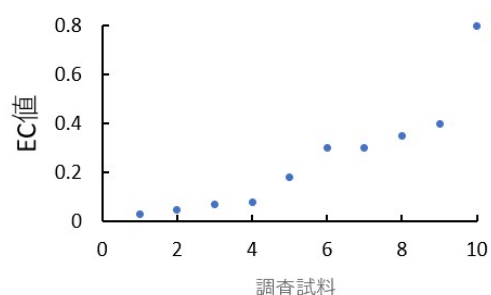


図-14 スギ培土のEC値

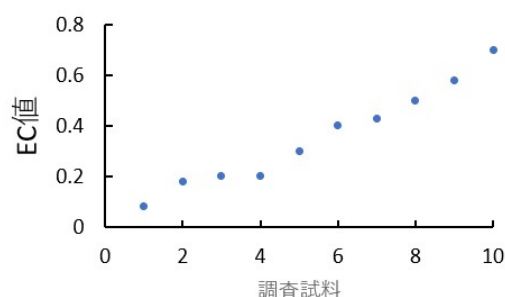


図-15 ヒノキ培土のEC値

6. ガラス温室育成試験

(1) 春期温室育成

スギの春期温室育成では、苗高の測定を開始した6月時点でコントロールに比べ生育が勝っており、その後も差が維持される（図-16）ことが判った。最終的に11月時点の比較では、コントロールより、春期温室育成の苗高が有意に高く、根元直径の比較でも同様の結果となった（図-17）。

この結果は、種子や幼苗凍結の可能性のある厳寒期を避け、気温が不安定な春に播種を実施した場合でも、温室を有効に活用して5月頃まで育苗すれば、その後、野外に移しても、コンテナ苗の生育を促進することが可能であることを示している。これは、ヒノキでも同様であり、スギより差は小さいものの、有意に生育を促進することが判った（図-18, 19）。ただし、岡山県内でも、

冬期、温室内でコンテナ苗の培土が凍結する事例が確認されており、1、2月などの冬期播種については、注意を要する。特に、発芽後間もない幼苗は、凍結に弱く、壊死するため、ロスが非常に大きい。そのため、厳寒地に於ける播種、育苗については、凍結の予防が課題であり、電熱温床や、保温や加温が可能な温室の利用が必須である。一つの工夫として、加温が難しい場合は、温室内に、2重、3重の被覆による複層温室の設置により、温室内の気温低下と、凍結による幼苗の壊死を、最小限に抑制することが可能である。その他にも、地面からの冷気を遮断する断熱材や、保温シートの敷設等も、一定の保温効果が期待される。

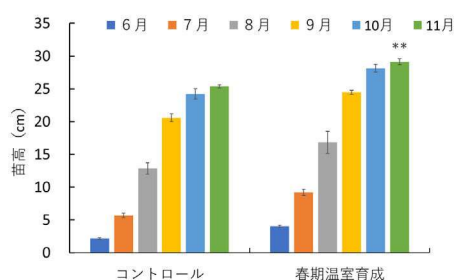


図-16 スギの苗高（春期温室育成）

t検定（**：1%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

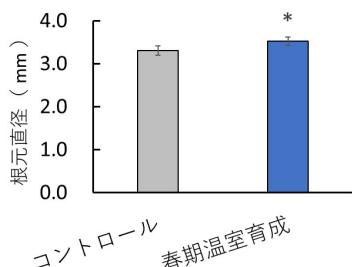


図-17 スギの根元直径（春期温室育成）

t検定（*：5%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

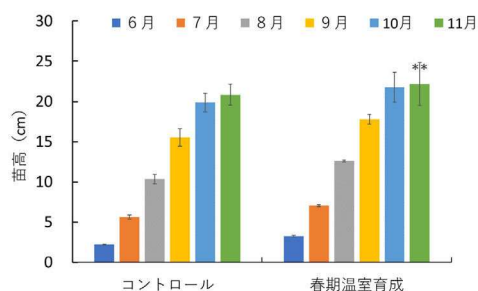


図-18 ヒノキの苗高（春期温室育成）

t検定（**：1%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

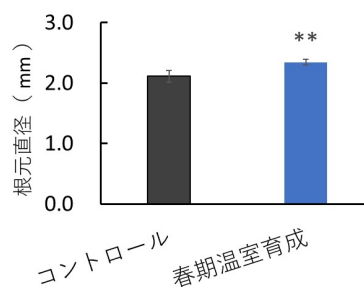


図-19 ヒノキの根元直径（春期温室育成）

t検定（**：1%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

この結果は、種子や幼苗凍結の可能性がある厳寒期を避け、気温が不安定な春に播種を実施した場合でも、温室を有効に活用して5月頃まで育苗すれば、その後、野外に移しても、コンテナ苗の生育を促進することが可能であることを示している。これは、ヒノキでも同様であり、スギより差は小さいものの、有意に生育を促進することが判った（図-18, 19）。ただし、岡山県内でも、冬期、温室内でコンテナ苗の培土が凍結する事例が確認されており、1、2月などの冬期播種については、注意を要する。特に、発芽後間もない幼苗は、凍結に弱く、壊死するため、ロスが非常に大きい。そのため、厳寒地に於ける播種、育苗については、凍結の予防が課題であり、電熱温床や、保温や加温が可能な温室の利用が必須である。一つの工夫として、加温が難しい場合は、温室内に、2重、3重の被覆による複層温室の設置により、温室内の気温低下と、凍結による幼苗の壊死を、最小限に抑制することが可能である。その他にも、地面からの冷気を遮断する断熱材や、保温シートの敷設等も、一定の保温効果が期待される。

（2）冬期温室育成

1月播種したスギでは、10月末までに、43.8%の苗が出荷規格に達した（図-20,21）。平均値としては、スギの苗高は33.4±1.7cm、根元直径は4.7±0.4cmとなった。

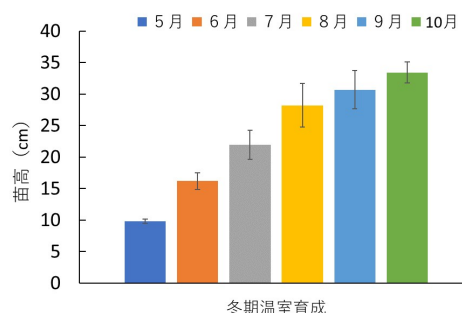


図-20 スギの苗高（冬期温室育成）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

苗高の成長は、8月をピークとして9月以降の伸びは鈍り、10月で停止した。半数以上が出荷規格に届いていないものの、顕著に伸長した。根元直径は、逆に、8、9月で成長が鈍るか、停止し、再度、伸長が停止した後の10月に肥大成長が高まった。

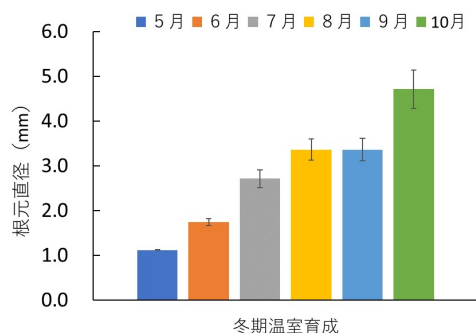


図-21 スギの根元直径（冬期温室育成）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

（3）生産者育成試験

苗畑 Aの育成試験では、スギの出荷規格に達した個体は全体の59.8%を占め、最も高い値を示した（図-22）。また、形状比は77.8となり、苗木の形状としては、根元が太く、安定感が高いものとなった。散布図でも、苗高に関わりなく、根元直径が6.0～8.0mm以上の個体も多数確認され、苗高と根元直径にやや相関が認められた（相関係数 0.43）。その理由として、標高260mの育成場所の立地として、近隣に遮蔽物は無く、日当たりが良好であったことが誘因として挙げられる。根元直径は、根量との相関が高いことが知られている（林野庁 2023）ことから、根系の成長が根元直径の増と、形状比の低下に繋がることを推定された。

苗畑 Bの育成試験では、苗木規格に達した個体の割合は47.5%であり（図-23）、今回の平均的な苗木の形状比は、100.6 となった。苗木はやや細長い形状となり、苗高40cmを超える苗も多数あった。この苗畑でも、苗高と根元直径にやや相関が認められた（相関係数 0.59）。林野庁が定めた山林用主要苗木の標準規格では、スギコンテナ苗の形状比は、110 が推奨値として記載されているため（林野庁 2023）、形状比はさらに高くても許容範囲であった。また、湾曲や倒伏は発生していないことから、造林用苗木としての条件を満たしていた。当苗畑は、標高250mの深い谷地形の一角に設置されていることから、朝夕の日当たりが不十分となっている可能性が高いものの、コンテナトレイの移動による地理的な制約の解消は困難であった。

苗畑 Cでは、苗木規格に達したスギコンテナ苗の割合は18.3%（図-24）と極めて低い値となった。また、形状比は97.7と、やや細長い苗木となった。散布図では、

苗高、根元直径ともに低位に集中する傾向があり、全体的に苗木の成長が低調であったが、苗高と根元直径にやや相関が認められた（相関係数 0.48）。また、苗畑Cは、標高320mの谷地形に設置された温室での育苗形態であり、かつ寒冷紗で被覆されているため、常時、直射日光が差し込むことはなく、薄暗い環境であった。苗木の成長が不十分であったことから、光合成に不可欠な日射量が、かなり不足していることが推測された。改善点としては、温室に設置されている寒冷紗の除去であるが、温室の気温上昇に与える影響も大きいので、随時、気温の変化に合わせた庇陰の調整が必要であった。

苗畑 Dでは、苗木規格をクリアした割合は、46.9%となった（図-25）。形状比は86.5と、根元直径が太い傾向があった。当苗畑も、標高560mの広い谷地形の一角に設置されていたが、他の苗畑と比較しても、平均的な苗木の成長を示したことから、環境的な影響は小さいと判断された。ここでも、苗高と根元直径にやや相関が認められた（相関係数 0.58）。

苗畑 Eでは、全体の45.3%の苗木が規格に達しており（図-26）、形状比84.4と、今回取り組んだ中では、2番目に低い値となった。この苗畑も、標高170mの障害物の無い開けた場所にあったことから、十分な日射量を確保することができたと推定された。散布図からも、苗高と根元直径に相関が認められた（相関係数 0.57）。

苗畑 Fでは、72.9%と、多数の苗木が苗木規格を満たした（図-27）。他の苗畑と比較して分布が小さい特徴があり、出荷時の規格ロスが少なくなった。苗高50cmを超える個体はごく少数であった。苗木の形状比は88.8となり、今回の試験では、中位の値となった。コンテナ育苗の現地は標高530mの場所で、遮蔽物が無いため苗木への日当たりは良好であった。当畑では、苗高と根元直径に弱い相関が認められた（相関係数 0.36）。

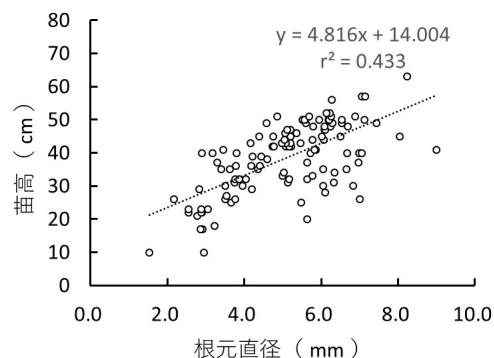


図-22 スギ苗木の大きさ（苗畑A）

標高など、苗木生産者の地理的な環境は様々であり、一年を通じてそれぞれの気候も異なるため、コンテナ苗

の成長にも相応の差が生じる可能性があったが、今回、春まで温室で育苗した幼苗を配布した結果、大半の地域で、極端な生育の遅れを生じることなく、同調的なコンテナ苗の育成が可能となった。ただ一部の地域では、地形に加え、遮光資材を設置した結果、コンテナ苗の生育が抑制され、出荷規格に達する苗が減少した。

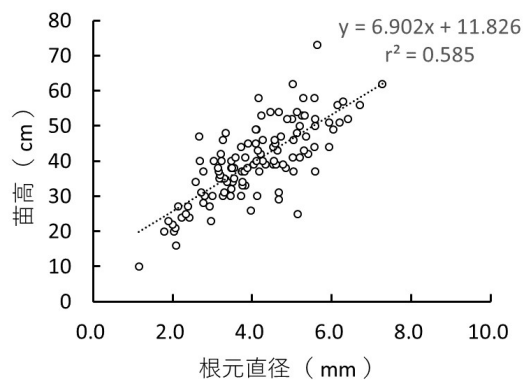


図 - 23 スギ苗木の大きさ (苗畑B)

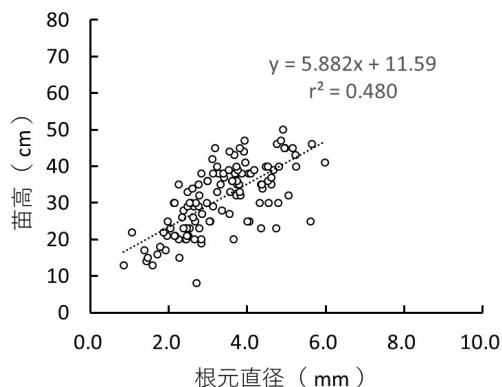


図 - 24 スギ苗木の大きさ (苗畑C)

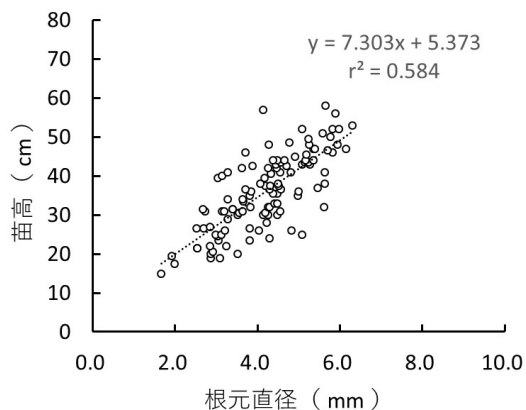


図 - 25 スギ苗木の大きさ (苗畑D)

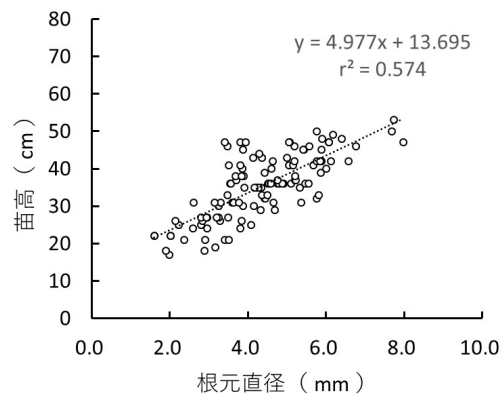


図 - 26 スギ苗木の大きさ (苗畑E)

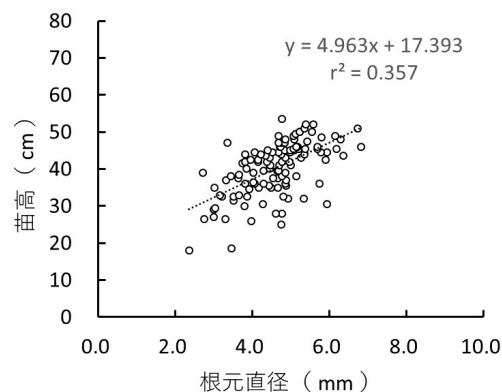


図 - 27 スギ苗木の大きさ (苗畑F)

7. 底面灌水試験

スギの苗高について、6～11月までの推移を、図-28に示す。6～8月の期間については、コントロールとした通常の灌水と、底面灌水の間に、明確な差は見られない。しかし、9月以降、底面灌水における成長は、11月時点の比較で、コントロールより有意に抑制される傾向を示した。

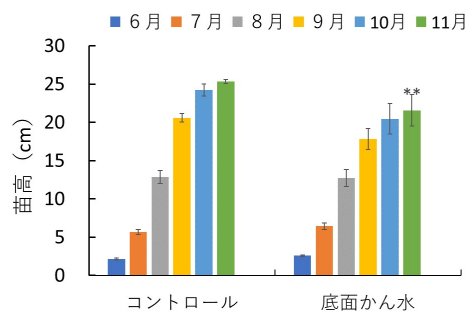


図 - 28 スギの苗高 (底面灌水)

t検定 (* : 5%水準, ** : 1%水準で有意を示す。)

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

また、底面灌水試験では、常時、培土湿润状態にあるうえ、コンテナトレイが空中に設置されないため、キャビティ底部の排水孔から細根が外部に伸長したため、苗の抜き取り時に細根を切断する必要があるなどの短所が認められた。根元直径の比較では、大きさに有意差は見られなかった（図-29）。

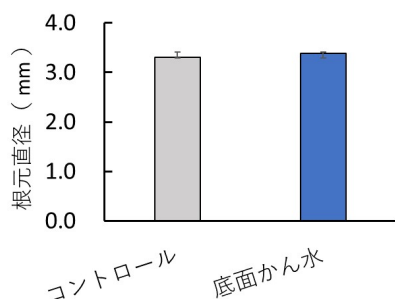


図-29 スギの根元直径（底面灌水）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

ヒノキでは、9月頃から顕著に苗高の伸長が抑制され（図-30）、最終的に11月時点で、5 cm以上もの差が発生するなど、負の影響が生じた。

この原因として、細根の成長が抑制され、苗高の伸長に必要な養分を確保することができなかったと推定された。また、根元直径についても、コントロールと比較し、やや細い傾向が示された（図-31）。

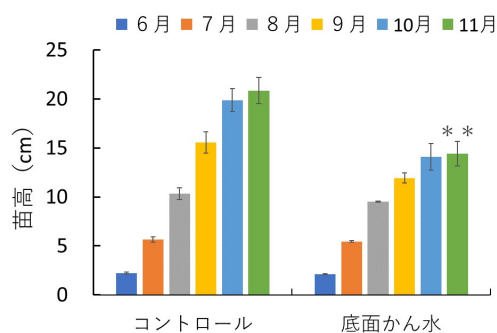


図-30 ヒノキの苗高（底面灌水）

t検定（*：5%水準，**：1%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

底面灌水については、水稻の育苗と同様に、既存の農地を有効利用できる可能性があり、簡易な設備で対応できることから、スギに应用されたが（近藤 2023）、ヒノキへは、根腐れの発生が懸念されるため、実用化されていない。しかし、今回の試験の結果から、6～8月の3か月間については、スギ、ヒノキともに苗高の成長への影響が小さいことから、育苗初期の期間に限定すれば、底面灌水の実施も可能と推定された。

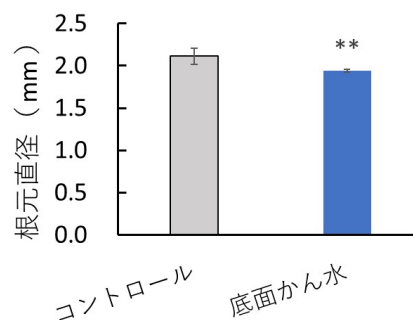


図-31 ヒノキの根元直径（底面灌水）

t検定（**：1%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

8. 異なる光環境におけるコンテナ苗の成長

スギのコンテナ育苗では、11月時点の苗高の比較では、コントロールに比較し、20%区では差が見られなかったが、50%区では有意に苗高が抑制され、光の不足がコンテナ苗の成長に影響することが示された（図-32）。光合成は、植物の成長に不可欠なグルコースを産生する生化学反応であるが、その阻害の結果と考えられた。

育苗現場では、遮光は行われていないケースが多いが、一部では、8月など高温期のみ寒冷紗を敷設するなど、生産者によって、遮光への対応には差がある。これらは、育苗現場における環境が、それぞれ異なっていることが原因で、苗木生産者は、長年の育苗経験から、その場の環境と時期に応じた対応を行っていると思われる。

また、根元直径の比較においても、コントロールに比較し、50%区では、有意に成長が抑制される傾向を示した（図-33）。根元直径の大きさは、苗の根量に相関があることが知られている（林野庁 2023）ことから、50%の遮光処理は、根の発達に負の影響を与えることが明らかとなった。

一方、ヒノキの苗高の比較では、コントロール、20%区、50%区、いずれの試験区でも差は小さく、有意差は無かった（図-34）。樹木としてのヒノキの性質としては、耐陰性が強い（四手井 1974）ため、光要求性があまり高くないことが知られているが、今回の試験では、遮光条件下における苗高の成長量については、大きく低下しないことが認められた。

根元直径を比較した8月の測定結果では、コントロールに比較し、20%区、50%区ともに、一時、有意に高い値を示したものの、その後3か月経過した11月の調査では、有意に低い値となった（図-35）。このことは、幼苗時は、遮光が根元直径の成長に好影響を与えた一方、8月以降の根元直径の成長は、遮光処理によって抑制されたことを意味している。つまり、8月以降は遮光しない方が、根元直径の成長を促進する傾向が示された。これまで、コンテナ苗に与える遮光の影響は不明であった

が、今回の調査により、根元直径の成長に影響することが判った。

さらに、形状比の比較では、スギではいずれの試験区も差が見られなかったが、ヒノキでは、根元直径の成長が抑制された結果、コントロール、20%区より、50%区の形状比が高くなることが示された（図-36）。形状比が高いコンテナ苗は、植栽後に倒伏する危険性が高まることから、より形状比の低い苗木に需要がある場合があり、今後の育成条件については、何らかの指針が必要である。今回の試験結果から、耐陰性の高いヒノキであっても、十分な光を当てることが、根元直径の成長を促進し、形状比の低いコンテナ苗の育成に繋がるということが明確となったため、今後の育苗の参考としたい。

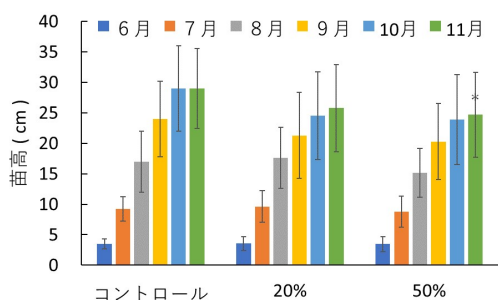


図-32 スギの苗高（光環境）

t検定（*：5%水準で有意を示す。）※
エラーバーは、標準偏差を示す。

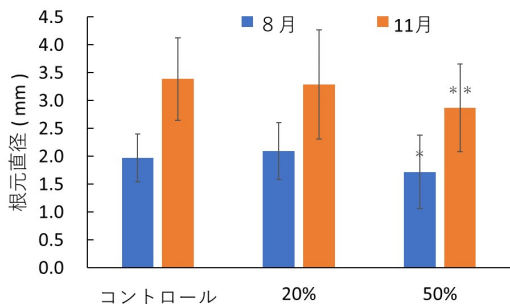


図-33 スギの根元直径（光環境）

t検定（**：1%水準で有意を示す。）※
エラーバーは、標準偏差を示す。

生産者の間では、夏期の遮光を目的とした寒冷紗の設置について、設置の労力が大きいことから省略されていることが多いが、苗木の高温障害を抑制する目的で、設置している生産者も存在する。例えばスギの苗木では、高温時、新梢部の萎れや枯死が発生する場合があります、これらの枯損は、二又の発生など、苗木の形態の影響を及ぼす可能性がある。

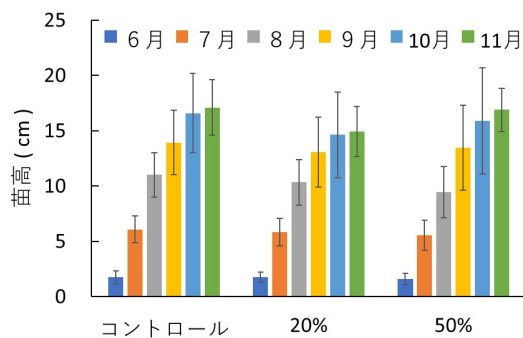


図-34 ヒノキの苗高（光環境）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

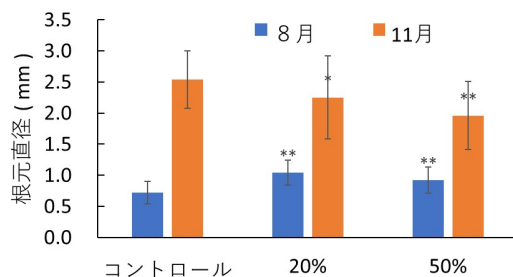


図-35 ヒノキの根元直径（光環境）

t検定（*：5%水準，**：1%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

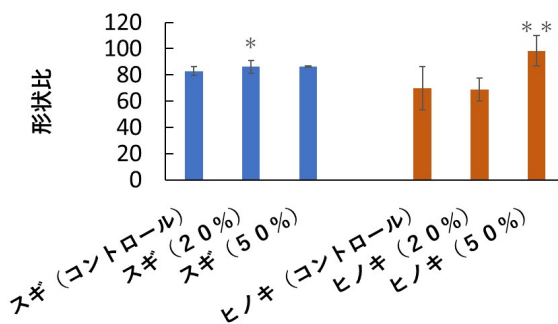


図-36 スギ・ヒノキの形状比（光環境）

t検定（*：5%水準，**：1%水準で有意を示す。）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

近年では、夏期の最高気温が35℃を上回る猛暑日も多い（気象庁 2020）ことから、恒常的な高温障害の発生も危惧される。このため、気温上昇による種々の被害を予防するために、必要に応じて遮光を行う一方で、コンテナ苗の成長を促進する光については、最大限確保することが重要と見込まれた。

遮光下における育苗中の光量子束密度（積算値）の測定結果（図-37）では、コントロールに比較し、20%区では59.5%の値を示し、試験で想定される80%を下回った。さらに50%区では38.3%の値となり、試験設定の50

%より高い遮光率となった。

今回、コントロールにおける月別の比較では、降順に8月(1,766mV) > 9月(1,364mV) > 10月(1,351mV) > 6月(1,318mV) > 7月(1,250mV)の順となった。光量子束密度と、苗木の成長、特に、苗高や根元直径の成長との関連性については、気温の変動、降水量等他の要因も考慮する必要があると予測されるため、今後の検討事項としたい。

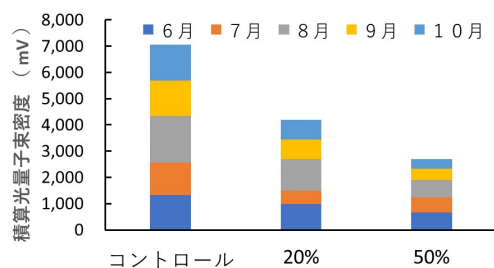


図-37 積算光量子束密度の比較

9. 少花粉スギ・ヒノキモデル林の生育調査

(1) 高梁市

2021年度植栽後の、苗木の大きさを図-38, 39 に示す。また、2023年度までの調査結果を図-40, 41 に示す。

高梁市では、植栽直後のスギの苗高の平均値は、 47.6 ± 8.2 cm, 根元直径の平均値は、 6.5 ± 1.3 mm であった。苗の大きさとしては、苗高は出荷規格より10cm以上大きく、根元直径は充実し、太いものが大多数を占めた。

これらの苗は、植栽後2年間で、苗高は、2.8倍、根元直径は、3.5倍に成長した。植栽直後のヒノキの苗高は、 54.7 ± 8.2 mm, 根元直径は、 6.4 ± 1.2 mmであり、2年間で、苗高は、3.5倍、根元直径は、6.2倍にまで成長した。スギ、ヒノキともに、植栽後1年経過後より、2年経過後の成長量が多い傾向が示された。

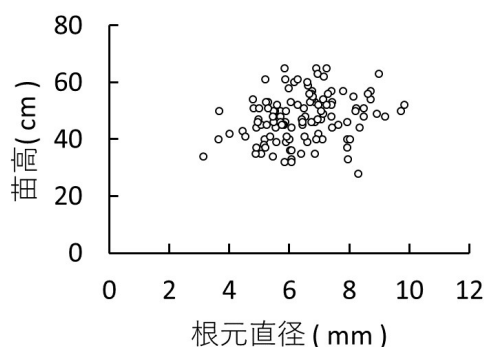


図-38 植栽時のスギの大きさ (高梁市)

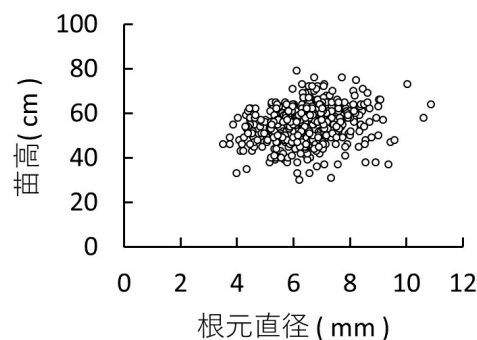


図-39 植栽時のヒノキの大きさ (高梁市)

また、主林木を伐採後、直ちに苗木を植栽する一貫施業であり、毎年下刈りも実施されていることから、2年経過後でも林地に苗木を被圧するような雑草類はほとんど無く、既に、苗高が1 mを超え、根元直径についても20mmより太くなるなど、順調な生育を示した。

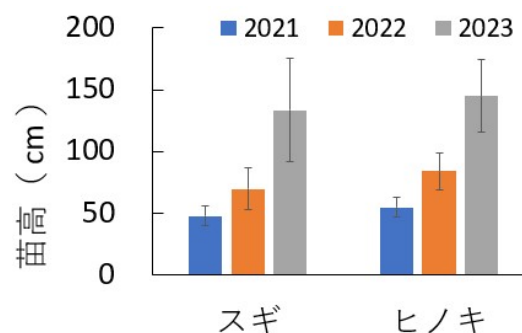


図-40 スギ・ヒノキの苗高 (高梁市)

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

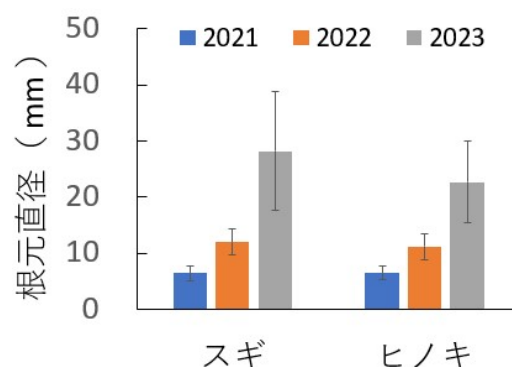


図-41 スギ・ヒノキの根元直径 (高梁市)

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

(2) 吉備中央町

2021年度植栽後の苗木の大きさと、2023年度までの調査結果を図-42, 43, 44, 45 に示す。植栽直後のスギの苗高の平均値は、 49.3 ± 13.3 cm, 根元直径の平均値は、 5.3 ± 1.1 mmであった。この苗は、植栽後2年間で、苗高は、2.4倍、根元直径は、2.5倍成長した。植

栽直後のヒノキの苗高は、 $55.0 \pm 12.3\text{mm}$ 、根元直径は、 $5.1 \pm 0.9\text{mm}$ であり、2年間で、苗高は、1.8倍、根元直径は、2.7倍にまで成長した。

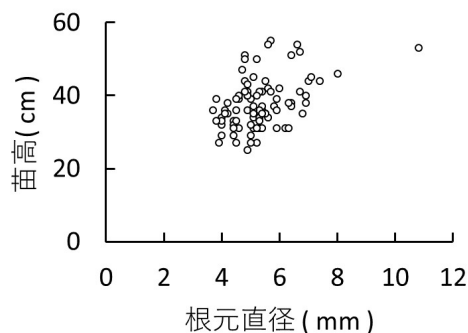


図-42 植栽されたスギの大きさ（吉備中央町）

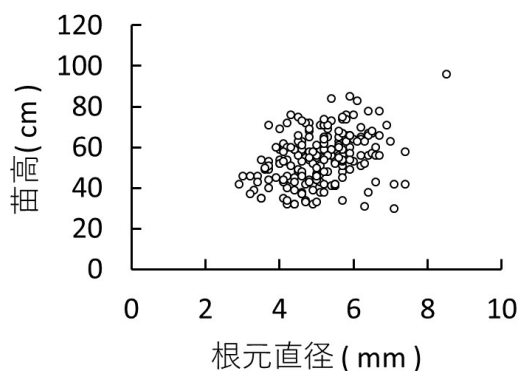


図-43 植栽されたヒノキの大きさ（吉備中央町）

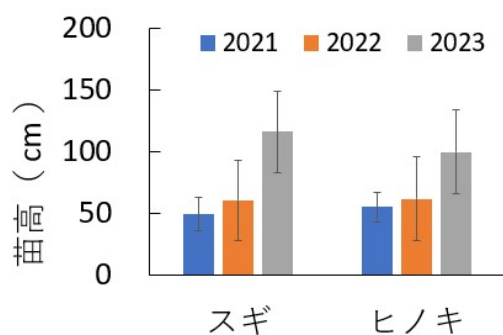


図-44 スギ・ヒノキの苗高（吉備中央町）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

植栽2年後の枯死率は、スギ43.5%、ヒノキ24.5%と、枯死被害が大きかった。その原因は、一部区画の雑草繁茂と、それによる植栽木への被圧であった。当区画は湿地であり、周辺の区画と比較し、局所的に高さ1mを超えるセンダングサ属の植物が繁殖していたため、1回の下刈りでは抑制しきれなかったと考えられた。今後は、下刈りの回数を増加するなど、さらなる雑草対策の強化が重要であると思われた。

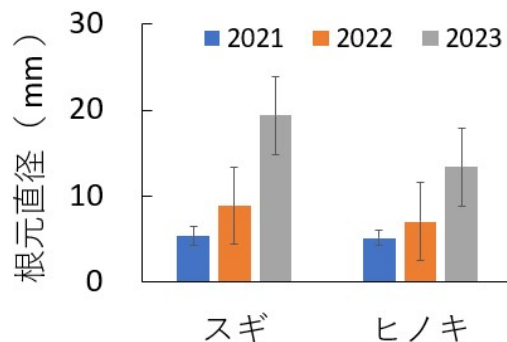


図-45 スギ・ヒノキの根元直径（吉備中央町）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

(3) 新庄村

2022年度に植栽された苗木の大きさを、図-46, 47, 48, 49 に示す。苗木の大多数がヒノキで、スギは少数である。当初の測定値は、スギの苗高の平均値は、 $71.6 \pm 8.8\text{cm}$ 、根元直径の平均値は、 $7.1 \pm 1.1\text{cm}$ 、ヒノキの苗高は、 $59.2 \pm 7.6\text{cm}$ 、根元直径は、 $4.9 \pm 0.7\text{cm}$ であった。

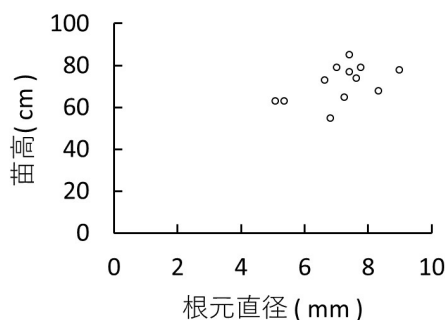


図-46 植栽されたスギの大きさ（新庄村）

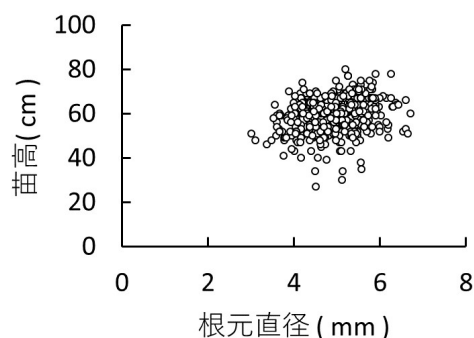


図-47 植栽されたヒノキの大きさ（新庄村）

また、1年経過後の測定の結果、苗高では伸長が確認されるものの、根元直径では数値の低下が確認された。番号テープが紛失している苗木も多数あったことから、関係者への聞き取りを行ったところ、獣害によって当初植栽した苗木が枯損したため、一度、補植されたことが確認された。当モデル林については、今後も獣害によって苗木が植替えられる可能性があるため、

同じ苗木の追跡調査を行うことは困難と考えられた。従って、次年度以降は、参考値の測定として調査することとした。

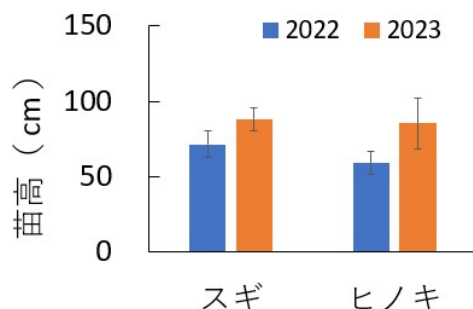


図-48 スギ・ヒノキの苗高（新庄村）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

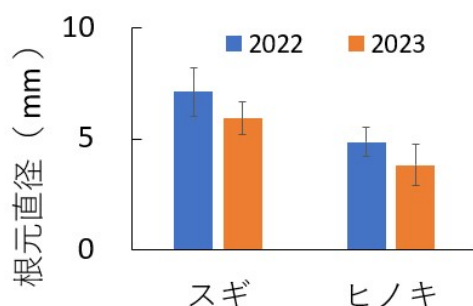


図-49 スギ・ヒノキの根元直径（新庄村）

※ エラーバーは、標準偏差を示す。

（4）新見市

2023年度に設置された新見市では、全数がスギであり、それぞれの苗木の大きさについては、図-50のとおりであるが、一部では、出荷規格に満たない苗も確認された。苗高の平均値は、 40.4 ± 9.4 cm、根元直径の平均値は、 4.8 ± 0.9 mmとなった（図-51、52）。

植栽時のコンテナ苗の大きさについては、樹高、根元径の差が、苗木の初期成長に影響するものの、ともに、2～3成長期後の有意差は認められなかったとする報告（袴田ら 2020）があり、これらの苗木について、植栽後の成長に、どのような影響が発生するか、引き続き、今後の追跡調査により明らかにする予定である。また、（1）～（4）のモデル林に植栽されたコンテナ苗の成長や、雄花の着果性については、今後、長期的な視点から、調査の継続が必要である。

これまでの調査では、モデル林に植栽されたコンテナ苗の生育は順調であるが、一部、雑草による被圧が発生した吉備中央町と、獣害の激しい新庄村では、外因の影響が大きいことと、苗木の植替えのため、コンテナ苗本来の成長が判りにくい。今後も、他のモデル林との単純な比較は難しい可能性があるが、それらを前提として調

査を継続し、少花粉品種コンテナ苗について、林地植栽後のデータ蓄積を図りたい。

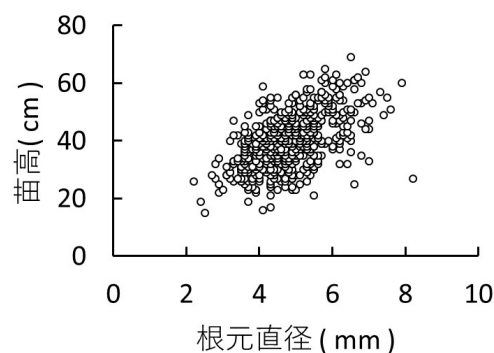


図-50 植栽されたスギの大きさ（新見市）

IV おわりに

今回の研究では、本県の少花粉品種について、特に、選別種子の利用を目的としたコンテナ苗生産の研究に取り組んだ。具体的には、種子選別の方法、スギ、ヒノキ種子の発芽促進、温室を利用したコンテナ苗の成長促進について、苗木生産者の協力を得ながら、効率化を目指した。また、議論が交わされた光環境とコンテナ苗の成長についても、その影響を提示した。

コンテナ苗の育苗方法については、全国的にも一律ではなく、各地域の諸事情によって異なっている。今後、全国的に再造林が進められ、それに伴って苗木需要が高まると予想される中、生産規模の拡大に向けて官民一体での改良が求められる。特に、苗木生産の中核となる造林用種子の確保については、各府県とも既存採種園の改良、新規造成に取り組み、将来の需要増に応えようとしているところである。

針葉樹種子を生産する採種園の造成、運用には、多大な生産コストが掛かるため、種子の枯死ロスを抑制するし、生産効率を上げることは、種子生産コストの低減に大きく寄与することは確実である。なお、近年、資材費や人件費の上昇傾向が続いており、徐々に苗木生産者の経営を圧迫している。生産規模の拡大が求められる一方で、苗木の生産者価格に変化がない状況では、最も高い人件費の抑制が重要な課題となる。これらのことから、少花粉品種コンテナ苗の育苗方法として、機械化や自動化を目標とした効率的な育苗方法について、いち早く取り組む必然性がある。

また、当所の採種園から生産された種子に由来する少花粉スギ・ヒノキコンテナ苗については、林地での成長を周知する必要があるため、引き続き県内少花粉モデル林の調査を継続する予定である。

なお、調査にご協力いただいた岡山県山林種苗協同組合および苗木生産者の皆様には、感謝の意を表する。

引用文献

- 岡山県（2020）第4章 施策の基本方針と施策体系. 21
おかやま森林・林業ビジョン（改訂版）. p23
- 岡山県（2021）快適な環境保全プログラム. 第3次晴れの国おかやま生き生きプラン. p74.
- 気象庁（2020）2. 平均気温の上昇と共に極端な高温の頻度も増加している. 日本の気候変動2020. P6－7.
- 近藤晃（2022）育苗時の灌水方法がスギコンテナ苗の成長と根鉢形成に及ぼす影響－底面給水と頭上灌水の比較－. 日緑工誌 48. 144-147
- 近藤晃（2023）底面吸水と頭上灌水がスギコンテナ苗の水使用と成長に及ぼす影響. 第134回日本森林学会大会学術講演集, p152.
- 近藤慎二（1998）タネの生産. 林業技術ハンドブック. p715.
- Matsuda, O., Hara, M., Tobita, H., Yazaki, K., Nakagawa, T., Shimizu, K., Uemura, A., and Utsugi, T. (2015) Determination of seed soundness in conifers *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* using narrow-multiband spectral imaging in the short-wavelength infrared range. *PLOS ONE*
- Mori, H. (2006) Identification and Manipulation of Subsite Structure and Starch Granule Binding Site in Plant α -Amylase. *J.Appl.Glycosci.*, 53: 51 pp.
- 柴崎一樹・棚橋雄平・高橋芽衣（2017）途上国森林ビジネスデータベース（BFPRO）の構築と森林ビジネスモデルの紹介－途上国の持続可能な森林利用と地域住民の生計向上を目指して－. 海外の森林と林業 No.98: 50pp.
- 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター（2018）コンテナ苗～その特徴と植栽成績～, p3.
- 袴田哲司, 山本茂弘, 近藤晃, 三浦真弘, 平岡裕一郎, 加藤一隆（2020）スギコンテナ苗の植栽時のサイズと初期成長の関係. 森林遺伝育種 9: 51-60.
- 林野庁（2023）第3章 コンテナ苗の標準規格の考え方. 山林用主要苗木標準規格（コンテナ苗）の解説. 2－8.
- 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター（2018）コンテナ苗～その特徴と植栽成績. 3pp.
- 四手井綱英・赤井龍男・斎藤秀樹・河原輝彦（1974）1. ヒノキ林の生態学. ヒノキ林 その生態と天然更新. 地球社. p33.
- 田近克司（2016）スギ樹皮の農林業用資材としての利用（第1報）－スギ樹皮の野積による簡易無害化処理の検討－. 富山県農林水産総合技術センター木材研究所研究報告 8, p1.