

【原著論文】

千葉県で選抜された花粉の少ないヒノキクローン幼齢木の着花結実促進と種子生産

遠藤 良太^{*,1,2}・小林 沙希¹

Flower and seed-setting promotion and seed production in young trees of the hinoki clones producing little pollen that have been selected from Chiba Prefecture

Ryota Endo^{*,1,2} and Saki Kobayashi¹

要旨：千葉県で選抜した花粉の少ないヒノキなど6クローンをつぎ木後2～3年間育成した幼齢木に着花結実促進処理を試みた。その結果、ジベレリンペースト1.5 mgを幼齢木の幹へ包埋処理する方法が着花結実促進に効果があり、かつ葉枯れによる幼齢木の成長（葉量の増加）への影響もほとんどなかった。加えて、幼齢木にカメムシ防除対策としてネット袋掛けを行った種子の発芽率は20～69%となり、林木育種事業用に配布可能な発芽率を有することが明らかとなった。本試験から得られたデータを用いて、スギで実用化されているミニチュア採種園方式によって千葉県内の種子供給量を賄うために必要な採種園面積を試算したところ、造成を検討することが現実的な0.565 haであった。

キーワード：ジベレリンペースト、着花結実促進処理、つぎ木幼齢木、発芽率、種子生産量

Abstract: We investigated the methods to promote flower and seed setting in 2-3 years old grafted trees of the hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) clones producing little pollen that have been selected from Chiba Prefecture. As a result, the GA paste (1.5 mg) application to the stems of the trees was the most promising method, with little adverse effects on their growth due to leaf die-back. Seed germination rates were from 20 to 69%, when stink bug repellent bags were used, which were sufficient for utilizing the seeds in the forest tree breeding programs. Based on the data acquired in this study, we estimated the area of the miniature seed orchard that can produce as many as seeds for covering the demand in Chiba Prefecture. The estimated area was 0.565 ha, which would be feasible area for the construction of the miniature seed orchard.

Keywords: gibberellin paste, promoting method of flower and seed setting, young tree by grafting, germination rate, seed production

はじめに

ヒノキはスギと並んで花粉症の原因となる主要な樹種であり、スギ花粉症患者の64.7%がヒノキ花粉にもアレルギー反応を示すと報告されている（西端・齋藤 2002）。千葉県では、ヒノキの苗木生産量が2011

年度に65,000本とスギを上回り最も多く生産されている（千葉県農林水産部森林課 2012）。したがって、スギ花粉症対策と同様にヒノキ花粉症対策も重要であり、花粉の少ないヒノキとして、全国で56、関東育種基本区で16のクローンが選抜されている（林野庁 2007；小林・遠藤 2012）。また、都道府県独自の選抜も進められ（齋藤 2005；山本ら 2005）、千葉県で

* E-mail: r.endu@pref.chiba.lg.jp

¹ 千葉県農林総合研究センター森林研究所 Forestry Research Institute, Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center, 1887-1 Haniya, Sammu, Chiba 289-1223, Japan

² 現所属：千葉県中部林業事務所 Present address: Chiba Prefectural Central Part Forestry Office, 5-1-3 Kubo, Kimitsu, Chiba 299-1152, Japan

2012年2月14日受付、2013年7月3日受理

は 2010 年に 5 クローンが選抜された (小林・遠藤 2012)。

これら選抜されたクローンを利用して花粉症対策の種子生産を行う方法の一つとして、選抜クローンにより新たに採種園を造成し種子生産を行う方法が考えられる。この場合、早期に種子を生産するために、幼齡の段階での着花結実促進が重要となる。スギ同様にヒノキについてもジベレリンにより着花結実促進効果があることは既に確認されている (橋詰ら 1970; 吉野ら 1975) が、幼齡木に関する報告は少ない (佐々木・丹藤 1990; 遠藤・藤林 2008; 中村ら 2012; 遠藤・小林 2012)。

一方、ジベレリンの施用は採種木にとってダメージになる葉枯れを生じやすく、施用量が増えると葉枯れが多くなること (丹原 1987; 遠藤・藤林 2008) が報告されている。したがって、ジベレリンの施用方法と施用量の評価には、雄花着花状況および種子量と、併せて葉枯れ状況の検討が必要である。また、ジベレリンとの併用で効果が高くなることが報告されている環状剥皮 (以下、剥皮) (橋詰ら 1970) についても、花粉の少ないヒノキクローン幼齡木では検討が行われていない。

そこで、千葉県で選抜された花粉の少ないヒノキクローン等のつぎ木後 2~3 年間育成した幼齡木を材料として、着花結実促進処理を行い、雄花着花状況、種子量、葉枯れ状況から、ジベレリンの施用方法、施用量、剥皮の併用について検討した。さらに、幼球果に多くの採種園で実施されているカメムシ対策として行われているネット袋掛け処理 (以下、袋掛け) を行い、得られた種子の発芽率を調査し、幼齡木の種子生産性を検討したので報告する。なお、本研究の一部は、農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「花粉症対策ヒノキ・スギ品種の普及拡大技術開発と雄性不稔品種開発」として行った。

材料と方法

試験地と材料

材料は千葉県で選抜された花粉の少ないヒノキである札郷 2 号、秋元 1 号、鬼泪 4 号、新城 2 号、丹沢 7 号の 5 クローン (小林・遠藤 2012) (鬼泪 4 号、新城 2 号は森林総合研究所林木育種センター優良品種評価委員会で少花粉品種として評価されている) と千葉 3 号の 6 クローンである。千葉 3 号は選抜に利用した採種園に植栽されていなかったため選抜できなかったが、県内大多喜町にある採種園 (育 3-3) で選抜クローンと同程度の雄花着花性を示すクローンである (遠藤 2009)。

札郷 2 号および秋元 1 号のつぎ木後 2 年間を経た 3 年生幼齡木と他の 4 クローンのつぎ木後 3 年間を経た 4 年生幼齡木を、2009 年 4 月、千葉県木更津市にある千葉県農林総合研究センター森林研究所上総試験地内の苗畑に植栽し、試験地を造成した。植栽本数は、秋元 1 号を除く 5 クローンは各 90 本、秋元 1 号は 80 本で、植栽方法は 50 × 60 cm 間隔の単木混交である。試験木の試験前の樹高とつぎ部直上の直径 (以下、直径) は表-1 のとおりである。

着花結実促進処理と試験本数は表-2 のとおりで、処理はジベレリンペースト (商品名ジベレリン協和ペースト) およびジベレリン団子 (阿久沢、1989) のジベレリン成分量 1.5 mg と 2.0 mg 包埋の単独処理 (以下、ペースト 1.5 mg、ペースト 2 mg、団子 1.5 mg、団子 2 mg)、200 ppm 水溶液の 7.5 mL (ジベレリン成分量 1.5 mg) と 10 mL (同 2.0 mg) 注入の単独処理 (以下、水溶液 1.5 mg、水溶液 2 mg) の計 6 処理、これら 6 処理それぞれと剥皮との併用が 6 処理 (以下、ペースト 1.5 mg + 剥皮、ペースト 2 mg + 剥皮、団子 1.5 mg + 剥

表-1 試験地設定時の試験木の樹高と直径

| クローン名 | 苗齡 | 樹高 (cm) | | 胸高直径 (cm) | |
|--------|------|---------|----------|-----------|-----------|
| | | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 |
| 札郷 2 号 | 3 年生 | 53.7 | 49 - 74 | 0.6 | 0.4 - 0.8 |
| 秋元 1 号 | 3 年生 | 55.1 | 52 - 94 | 0.6 | 0.3 - 0.8 |
| 鬼泪 4 号 | 4 年生 | 69.4 | 60 - 97 | 0.9 | 0.5 - 0.9 |
| 新城 2 号 | 4 年生 | 69.3 | 58 - 105 | 0.8 | 0.5 - 1.0 |
| 丹沢 7 号 | 4 年生 | 64.8 | 58 - 88 | 0.8 | 0.4 - 0.9 |
| 千葉 3 号 | 4 年生 | 57.0 | 47 - 79 | 0.7 | 0.4 - 0.8 |

表-2 着花結実促進処理と試験木数

| 着花結実促進処理 | 札郷2号 | 秋元1号 | 鬼泪4号 | 新城2号 | 丹沢7号 | 千葉3号 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| ペースト 1.5 mg | 10 | 9 | - | - | - | - |
| 団子 1.5 mg | 9 | 9 | - | - | - | - |
| 水溶液 1.5 mg | 11 | 9 | - | - | - | - |
| ペースト 1.5 mg + 剥皮 | 9 | 9 | - | - | 10 | 10 |
| 団子 1.5 mg + 剥皮 | 9 | 9 | - | - | 10 | 10 |
| 水溶液 1.5 mg + 剥皮 | 10 | 9 | - | - | 10 | 9 |
| ペースト 2 mg | - | - | 10 | 10 | - | - |
| 団子 2 mg + 剥皮 | - | - | 10 | 10 | - | - |
| 水溶液 2 mg | - | - | 10 | 10 | - | - |
| ペースト 2 mg + 剥皮 | - | - | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 団子 2 mg + 剥皮 | - | - | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 水溶液 2 mg + 剥皮 | - | - | 10 | 10 | 10 | 9 |
| 200 ppm 散布 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 300 ppm 散布 | 11 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 対照 (無処理) | 10 | 6 | 10 | 10 | 10 | 9 |
| 計 | 89 | 78 | 90 | 90 | 90 | 87 |

皮、団子 2 mg + 剥皮、水溶液 1.5 mg + 剥皮、水溶液 2 mg + 剥皮)、ジベレリン 200 ppm および 300 ppm 水溶液の葉面散布処理 (以下、200 ppm 散布、300 ppm 散布)、対照 (無処理) の計 15 処理とした。

本試験では各クローンの各処理試験木を単木混交で配置したことに加え、1クローンの1処理を9~11本として精度向上を図った。さらに、「札郷2号と秋元1号」、「鬼泪4号と新城2号」、「丹沢7号と千葉3号」をそれぞれ同じ処理の組合せとし、「札郷2号と秋元1号」、「鬼泪4号と新城2号」の結果から剥皮併用効果の有無を、「丹沢7号と千葉3号」の結果からジベレリン施用量を検討する設計とした。また、剥皮の単独処理は、予備試験で効果が認められなかったため、本試験ではジベレリンとの併用のみを行った。

着花結実促進処理は、剥皮が2009年6月9日、ペースト、団子、水溶液が7月16日、散布については7月16日と8月4日の2回である。また、剥皮は約5mmの幅で半周ずつ、2段で行った(前田・吉野1996)。処理部位は、ペースト、団子、水溶液が試験木の幹のつぎ部直上、剥皮はさらにその上の部位である。

表-3 雄花着花指数と葉枯れ指数

| 雄花着花指数 | | 葉枯れ指数 | |
|---------|-----|---------|----|
| 状況 | 指数 | 状況 | 指数 |
| 無着花 | 0 | なし | 0 |
| 着花がごく一部 | 0.3 | 10%以下 | 1 |
| 少し着花 | 1 | 33%以下 | 2 |
| 中程度に着花 | 2 | 33%より多い | 3 |
| 多く着花 | 3 | 枯死 | 4 |

雄花着花状況は、2010年4月9日に、表-3に示す5段階の雄花着花指数で調査した。結実は、同年10月5日に球果を採取し、風乾後の種子重量を測定した。なお、本試験を行った上総試験地から約60km離れた山武市にある千葉県農林総合研究センター森林研究所構内ヒノキ採種園(育45-4)の1998~2011年の平均雄花着花指数(小林・遠藤2012)0.91に対し2010年は0.26、平均採種量(上述の採種園の実績)4.26kgに対し1.30kgであり、2010年は雄花着花、結実量ともに凶作年であった。葉枯れ状況については、2009年11月10日に表-3に示す5段階の葉枯れ指数で調査した。加えて、葉枯れによる試験木の成長への影響を評価するため、2010年6月24日に試験木の樹高と

表-4 雄花着花指数、種子重量、葉枯れ指数、樹高成長率、直径成長率、発芽率の分散分析と多重比較の方法

| | 分析データ | 要因 1 | 要因 2 |
|------|-------------------------|---|---|
| 分析 1 | 雄花着花指数 種子重量 葉枯れ指数 | 着花結実促進処理 (ペースト、団子、水溶液それぞれ 1.5 mg の単 独および剥皮との併用、200 ppm および 300 ppm 散布、無処理 (対照)) | クローン (札郷 2 号、秋元 1 号) |
| 分析 2 | 雄花着花指数 種子重量 葉枯れ指数 | 着花結実促進処理 (ペースト、団子、水溶液それぞれ 2 mg の単 独および剥皮との併用、200 ppm および 300 ppm 散布、無処理 (対照)) | クローン (鬼泪 2 号、新城 1 号) |
| 分析 3 | 雄花着花指数 種子重量 葉枯れ指数 | 着花結実促進処理 (ペースト、団子、水溶液それぞれ 1.5 mg およ び 2 mg の剥皮との併用、200 ppm および 300 ppm 散布、無処理 (対照)) | クローン (丹沢 7 号、千葉 3 号) |
| 分析 4 | 樹高成長率 直径成長率 | 葉枯指数 (0、1、2、3) | クローン (札郷 2 号、秋元 1 号、 鬼泪 2 号、新城 1 号、 丹沢 7 号、千葉 3 号) |
| 分析 5 | 発芽率 | 着花結実促進処理 (ペースト、団子、水溶液それぞれ 1.5 mg の単 独および剥皮との併用、200 ppm および 300 ppm 散布、無処理 (対照)) | カメムシ対策 (袋掛け、無処理) |
| 分析 6 | 発芽率 | 着花結実促進処理 (ペースト、団子、水溶液それぞれ 2 mg の単 独および剥皮との併用、200 ppm および 300 ppm 散布、無処理 (対照)) | カメムシ対策 (袋掛け、無処理) |
| 分析 7 | 発芽率 | 着花結実促進処理 (ペースト、団子、水溶液それぞれ 1.5 mg およ び 2 mg の剥皮との併用、200 ppm および 300 ppm 散布、無処理 (対照)) | カメムシ対策 (袋掛け、無処理) |

直径を測定し、試験前の 2009 年 4 月に測定した試験木の樹高および直径とそれぞれ比率を求め、樹高成長率、直径成長率を算出し検討した。この際、葉枯れ指数 4 は、試験木が枯死したものであり、成長率のデータが得られなかったため除いた。

発芽率

2010 年 5 月 22 日、表-2 に示した各クローンの各着花結実処理を行った試験木の中から幼球果が確認されたものを 1 本ずつ選び、幼球果の一部にカメムシ対策の袋掛けを行った。使用した袋は、本県林木育種事業で使用しているネット袋 (68 cm × 45 cm、素材は目合 0.8 mm のポリエチレン製) である。同年 10 月 5 日

に袋掛けと無処理の部位から球果を採取した。続いて、風乾して種子を取出し無作為に 100 粒を選び、ろ紙を敷いたシャーレに播き、恒温器 22°C に 35 日間静置し発芽数を調べた。なお、種子が 100 粒に満たなかったものは全粒とし、最も少ないものは 50 粒であった。

併せて、試験に用いた幼齡木の発芽率を成木の発芽率と比較するため、山武市にある千葉県農林総合研究センター森林研究所構内のヒノキ採種園 (採種時の採種木齡 43 年生) にある札郷 2 号、鬼泪 4 号、新城 2 号、丹沢 7 号それぞれ 1 本から袋掛けを行った球果を 2010 年 10 月 12 日に採取し、取り出した種子について同様に発芽率を調べた。

解析方法

調査で得られた着花結実促進処理、クローンごとの雄花着花指数、種子重量、葉枯れ指数のデータを用いて、表-4の分析1~3に示す着花結実促進処理方法とクローンを要因とする二元配置の分散分析と着花結実促進処理方法の多重比較を行い、ジベレリン施用方法（ペースト、団子、水溶液、葉面散布）の着花結実促進効果と葉枯れ程度を検討した。また、剥皮併用の着花結実促進効果と葉枯れ程度は分析1と2から、ジベレリン施用量の違いは分析3から検討した。ここで、雄花着花指数、葉枯れ指数は数値データとして扱った。加えて、葉枯れについては、分析4に示した樹高成長率、直径成長率のデータを用いて、葉枯れ指数とクローンを要因とする二元配置の分散分析と葉枯れ指数の多重比較を行い、葉枯れ程度の試験木の成長への影響を検討した。発芽率については、分析5~7に示す着花結実促進処理とカメムシ対策を要因とする二元配置の分散分析を行い、カメムシネット処理と無処理の比較から、幼齢木におけるカメムシ対策の効果、着花結実促進処理の発芽率への影響を検討した。この分析にあたり、発芽率の逆正弦変換値をデータとした。

表-4に示した各分析の多重比較を行うにあたり、それぞれ二元配置の分散分析を行い、交互作用が検出されなかった場合は、Tukeyによる方法、検出された場合は、主効果検定と bonferroni の補正による多重比較を行った。これら分析には統計解析ソフト JMP ver. 8 と SPSS ver. 12 を使用した。

結果

雄花着花指数と種子重量

雄花着花指数と種子重量の表-4に示した分析1~3の分散分析結果を表-5、試験した6クローンの着花結実促進処理による雄花着花指数の平均および多重比較の結果を表-6、種子重量の平均および多重比較の結果を表-7にまとめた。分散分析の結果、雄花着花指数は分析1~3のすべてで着花結実促進処理間とクローン間に、分析2と3で交互作用に有意差が認められた。種子重量は、分析1~3のすべてで着花結実促進処理間に、分析1と2でクローン間に、有意差が認められた。雄花着花指数について着花結実処理間の多重比較で対照とした無処理と有意差があった処理は、表-6に示すようにペースト 1.5 mg、ペースト 1.5 mg + 剥皮、ペースト 2 mg、ペースト 2 mg + 剥皮の計4処理であった。同様に種子重量で有意差のあった処理は、

表-7に示すようにペースト 1.5 mg、ペースト 1.5 mg + 剥皮、ペースト 2 mg、ペースト 2 mg + 剥皮の計4処理であった。団子 1.5 mg + 剥皮処理は、分析3では有意差が認められたが分析1では認められなかった。

剥皮併用の効果は、雄花着花指数、種子重量とも、表-6および7の分析1、2の多重比較の結果から、ペースト、団子、水溶液の 1.5 mg と 2 mg 施用ともに単独と剥皮併用の間で有意差は認められなかった。ジベレリン施用量は、雄花着花指数、種子重量とも、表-6および7の分析3の多重比較の結果から、ペースト、水溶液では 1.5 mg と 2 mg 施用間で有意差は認められなかった。団子では 1.5 mg と 2 mg 施用間で有意差が認められた。

葉枯れ指数

葉枯れ指数の表-4に示した分析1~3の分散分析結果を表-8、供試6クローンの着花結実促進処理による葉枯れ指数の平均および多重比較の結果を表-9にまとめた。分散分析の結果、分析1~3のすべてで着花結実促進処理間とクローン間に有意差が認められた。着花結実処理間の多重比較で対照とした表無処理と有意差があった処理は、表-9に示すように、団子 1.5 mg、団子 1.5 mg + 剥皮、ペースト 2 mg、団子 2 mg、水溶液 2 mg、ペースト 2 mg + 剥皮の計6処理であった。団子 2 mg + 剥皮は、分析2では有意差が認められたが、分析3では認められなかった。

葉枯れ指数の着花結実促進処理とクローンを要因とする二元配置の分散分析の結果を表-10、葉枯れ指数ごとの樹高成長率と直径成長率の平均（クローンごとの平均値の平均）と多重比較の結果を図-1に示した。分散分析の結果、葉枯れ指数間は直径成長率で、クローン間は樹高成長率、直径成長率で有意差が認められた。葉枯れ指数間の多重比較では、葉枯れ指数0と1のグループと2と3のグループの間に有意差が認められた。

発芽率

袋掛けを行った着花結実促進処理ごと、クローンごとの発芽率と無処理の着花結実促進処理ごと、クローンごとの発芽率を表-11に、発芽率の表-4に示した分析5~7の分散分析結果を表-12、札郷2号、鬼泪4号、新城2号、丹沢7号の若齢木と成木（採種園）の袋掛けした種子の発芽率を表-13に示した。袋掛けの発芽率が20.0%（札郷2号のペースト 1.5 mg、秋元1号の団子 1.5 mg + 剥皮、丹沢7号の団子 2 mg + 剥皮）から63.0%（新城2号の水溶液 2 mg + 剥皮）であった

表-5 雄花着花指数と種子生産量の着花結実促進処理とクローンを要因とする二元配置の分散分析で検出された有意差の有無

| 要因 | 雄花着花指数 | | | 種子生産量 | | |
|----------|--------|------|------|-------|------|------|
| | 分析 1 | 分析 2 | 分析 3 | 分析 1 | 分析 2 | 分析 3 |
| 着花結実促進処理 | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| クローン | * | ** | * | ** | ** | N.S. |
| 交互作用 | N.S. | ** | * | N.S. | N.S. | N.S. |

** 1%で有意、* 5%で有意、N.S. 有意差なし。

表-6 クローンごと、着花結実促進処理ごとの雄花着花指数

| 着花結実促進処理 | 分析 1 | | | 分析 2 | | | 分析 3 | |
|------------------|--------|--------|---|--------|--------|---|--------|--------|
| | 札幌 2 号 | 秋元 1 号 | | 鬼泪 4 号 | 新城 2 号 | | 丹沢 7 号 | 千葉 3 号 |
| ペースト | 1.60 | 1.48 | b | - | - | | - | - |
| 団子 | 0.45 | 0.54 | a | - | - | | - | - |
| 1.5 mg 水溶液 包埋 | 0.00 | 0.13 | a | - | - | | - | - |
| または 剥皮 | 0.89 | 1.70 | b | - | - | | 1.00 | 1.20 b |
| 注入 + ペースト | | | | | | | | |
| 剥皮 | 0.27 | 0.77 | a | - | - | | 0.08 | 0.30 a |
| + 団子 | | | | | | | | |
| 剥皮 | 0.23 | 0.36 | a | - | - | | 0.03 | 0.03 a |
| + 水溶液 | | | | | | | | |
| ペースト | - | - | | 2.30 | 2.10 | b | - | - |
| 団子 | - | - | | 1.53 | 0.16 | a | - | - |
| 2 mg 水溶液 包埋 | - | - | | 0.80 | 0.20 | a | - | - |
| または 剥皮 | - | - | | 2.03 | 2.03 | b | 0.88 | 1.70 b |
| 注入 + ペースト | | | | | | | | |
| 剥皮 | - | - | | 1.73 | 0.26 | a | 0.23 | 0.13 a |
| + 団子 | | | | | | | | |
| 剥皮 | - | - | | 0.46 | 0.23 | a | 0.12 | 0.18 a |
| + 水溶液 | | | | | | | | |
| 200 mm 散布 | 0.00 | 0.43 | a | 0.50 | 0.03 | a | 0.03 | 0.00 a |
| 300 mm 散布 | 0.15 | 0.13 | a | 0.33 | 0.30 | a | 0.00 | 0.03 a |
| 無処理 (対照) | 0.00 | 0.25 | a | 0.00 | 0.00 | a | 0.00 | 0.00 a |

注：分析 1 で英字が同じものは Tukey の多重比較 5%水準で同じ。また、分析 2、3 で英字が同じものは主効果検定 5%水準で同じ。

表-7 クローンごとの着花結実促進処理による種子重量

| 着花結実促進処理 | 分析 1 | | | 分析 2 | | | 分析 3 | | |
|------------------|--------|--------|---|--------|--------|---|--------|--------|---|
| | 札幌 2 号 | 秋元 1 号 | | 鬼泪 4 号 | 新城 2 号 | | 丹沢 7 号 | 千葉 3 号 | |
| ペースト | 1.69 | 1.94 | b | - | - | | - | - | |
| 団子 | 0.35 | 1.27 | a | - | - | | - | - | |
| 1.5 mg 水溶液 包埋 | 0.09 | 0.22 | a | - | - | | - | - | |
| または 剥皮 | 1.53 | 3.87 | b | - | - | | 2.84 | 3.54 | b |
| 注入 + ペースト | | | | | | | | | |
| 剥皮 | 0.39 | 0.82 | a | - | - | | 2.08 | 0.72 | b |
| + 団子 | | | | | | | | | |
| 剥皮 | 0.34 | 1.77 | a | - | - | | 0.83 | 0.79 | a |
| + 水溶液 | | | | | | | | | |
| ペースト | - | - | | 3.57 | 1.04 | b | - | - | |
| 団子 | - | - | | 3.90 | 0.39 | a | - | - | |
| 2 mg 水溶液 包埋 | - | - | | 1.85 | 0.14 | a | - | - | |
| または 剥皮 | - | - | | 3.63 | 1.58 | b | 2.98 | 3.02 | b |
| 注入 + ペースト | | | | | | | | | |
| 剥皮 | - | - | | 2.06 | 0.30 | a | 1.08 | 1.17 | a |
| + 団子 | | | | | | | | | |
| 剥皮 | - | - | | 1.94 | 0.54 | a | 0.66 | 0.95 | a |
| + 水溶液 | | | | | | | | | |
| 200 mm 散布 | 0.23 | 1.89 | a | 1.77 | 0.87 | a | 1.06 | 0.56 | a |
| 300 mm 散布 | 0.08 | 0.82 | a | 1.38 | 0.55 | a | 1.41 | 0.03 | a |
| 無処理 (対照) | 0.06 | 0.38 | a | 1.33 | 0.21 | a | 1.52 | 0.06 | a |

注：分析 1 で英字が同じものは Tukey の多重比較 5 %水準で同じ。

表-8 葉枯れ指数の着花結実促進処理とクローンを要因とする二元配置の分散分析で検出された有意差の有無

| 要因 | 分析 1 | 分析 2 | 分析 3 |
|----------|------|------|------|
| 着花結実促進処理 | ** | ** | ** |
| クローン | * | ** | ** |
| 交互作用 | N.S. | N.S. | N.S. |

** 1%で有意、* 5%で有意、N.S. 有意差なし。

表-9 クローンごとの着花結実促進処理による葉枯れ指数

| 着花結実促進処理 | 分析 1 | | | 分析 2 | | | 分析 3 | | |
|------------------|--------|--------|---|--------|--------|---|--------|--------|---|
| | 札郷 2 号 | 秋元 1 号 | | 鬼泪 4 号 | 新城 2 号 | | 丹沢 7 号 | 千葉 3 号 | |
| ペースト | 0.60 | 0.56 | a | - | - | | - | - | |
| 団子 | 2.00 | 1.44 | b | - | - | | - | - | |
| 1.5 mg 水溶液 包埋 | 0.56 | 0.75 | a | - | - | | - | - | |
| または 剥皮 | 1.00 | 1.00 | a | - | - | | 2.84 | 3.54 | b |
| 注入 + ペースト | | | | | | | | | |
| 剥皮 | 1.64 | 0.89 | b | - | - | | 2.08 | 0.72 | b |
| + 団子 | | | | | | | | | |
| 剥皮 | 0.90 | 1.89 | a | - | - | | 0.83 | 0.79 | a |
| + 水溶液 | | | | | | | | | |
| ペースト | - | - | | 2.10 | 1.10 | b | - | - | |
| 団子 | - | - | | 2.00 | 1.50 | b | - | - | |
| 2 mg 水溶液 包埋 | - | - | | 1.80 | 0.90 | b | - | - | |
| または 剥皮 | - | - | | 1.70 | 1.30 | b | 1.80 | 1.00 | b |
| 注入 + ペースト | | | | | | | | | |
| 剥皮 | - | - | | 2.10 | 0.90 | b | 1.00 | 0.80 | a |
| + 団子 | | | | | | | | | |
| 剥皮 | - | - | | 1.40 | 0.40 | a | 0.40 | 0.20 | a |
| + 水溶液 | | | | | | | | | |
| 200 mm 散布 | 0.10 | 0.30 | a | 0.40 | 0.30 | a | 0.60 | 0.20 | a |
| 300 mm 散布 | 0.36 | 0.78 | a | 0.20 | 0.40 | a | 0.90 | 0.40 | a |
| 無処理 (対照) | 0.00 | 0.40 | a | 0.30 | 0.20 | a | 0.20 | 0.00 | a |

注：英字が同じものは Tukey の多重比較 5%水準で同じ。

表-10 樹高成長率と直径成長率の葉枯れ指数とクローンを要因とする二元配置の分散分析で検出された有意差の有無

| 要因 | 樹高成長率 | 直径成長率 |
|-------|-------|-------|
| 葉枯れ指数 | N.S. | ** |
| クローン | * | ** |
| 交互作用 | N.S. | N.S. |

** 1%で有意、* 5%で有意、N.S. 有意差なし。

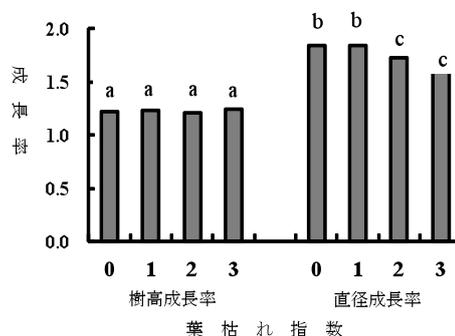


図-1 葉枯れ指数ごとの樹高成長率と直径成長率の平均

注：英字が同じものは Tukey の多重比較 5%水準で同じ。

表-11 クローンごとの着花結実促進処理による発芽率

| 着花結実促進処理 | | 札郷2号 | 秋元1号 | 鬼泪4号 | 新城2号 | 丹沢7号 | 千葉3号 | |
|------------------|------------------|-------------|------|------|------|------|------|--|
| 袋掛 着花結実促進処理 | ペースト 1.5 mg | 20.0 | 21.0 | | | | | |
| | 団子 1.5 mg | 25.0 | 21.0 | | | | | |
| | 水溶液 1.5 mg | 36.0 | 24.6 | | | | | |
| | ペースト 1.5 mg + 剥皮 | 20.0 | 26.0 | | | 33.0 | 27.0 | |
| | 団子 1.5 mg + 剥皮 | 49.0 | 20.0 | | | 28.0 | 25.0 | |
| | 水溶液 1.5 mg + 剥皮 | 27.0 | 23.0 | | | 25.0 | 33.0 | |
| | ペースト 2 mg | | | 29.0 | 50.0 | | | |
| | 団子 2 mg | | | 28.0 | 24.0 | | | |
| | 水溶液 2 mg | | | 41.0 | 41.0 | | | |
| | ペースト 2 mg + 剥皮 | | | 26.0 | 49.0 | 28.0 | 25.0 | |
| | 団子 2 mg + 剥皮 | | | 22.2 | 37.1 | 20.0 | 24.0 | |
| | 水溶液 2 mg + 剥皮 | | | 32.0 | 63.0 | 22.0 | 22.6 | |
| | 200 ppm 散布 | 32.0 | 25.0 | 23.0 | 31.0 | 29.0 | 27.5 | |
| | 300 ppm 散布 | 28.0 | 22.0 | 21.0 | 46.0 | 24.0 | 27.0 | |
| | 平均 | 29.6 | 22.8 | 27.8 | 42.6 | 26.1 | 26.4 | |
| | 対照 (無処理) | 24.0 | 28.6 | 23.0 | 43.6 | 31.0 | 33.0 | |
| | 無処理 着花結実促進処理 | ペースト 1.5 mg | 0.0 | 0.0 | | | | |
| | | 団子 1.5 mg | 3.0 | 1.0 | | | | |
| | | 水溶液 1.5 mg | 2.0 | 0.0 | | | | |
| ペースト 1.5 mg + 剥皮 | | 3.0 | 2.0 | | | 1.0 | 0.0 | |
| 団子 1.5 mg + 剥皮 | | 2.0 | 2.0 | | | 5.0 | 0.0 | |
| 水溶液 1.5 mg + 剥皮 | | 2.0 | 0.0 | | | 5.0 | 1.0 | |
| ペースト 2 mg | | | | 4.0 | 2.0 | | | |
| 団子 2 mg | | | | 7.0 | 1.0 | | | |
| 水溶液 2 mg | | | | 3.0 | 5.0 | | | |
| ペースト 2 mg + 剥皮 | | | | 1.0 | 8.0 | 1.0 | 0.0 | |
| 団子 2 mg + 剥皮 | | | | 0.0 | 2.0 | 8.0 | 2.0 | |
| 水溶液 2 mg + 剥皮 | | | | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 0.0 | |
| 200 ppm 散布 | | 0.0 | 1.0 | 5.0 | 21.0 | 2.0 | 1.0 | |
| 300 ppm 散布 | 6.0 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 3.0 | 0.0 | | |
| 平均 | 2.3 | 0.9 | 2.9 | 5.1 | 3.4 | 0.5 | | |
| 対照 (無処理) | 2.0 | 0.0 | 5.0 | 2.0 | 3.0 | 0.0 | | |

表-12 着花結実促進処理とカメムシ対策を要因とする二元配置の分散分析で検出される有意差の有無

| 要因 | 分析 5 | 分析 6 | 分析 7 |
|----------|------|------|------|
| 着花結実促進処理 | N.S. | N.S. | N.S. |
| カメムシ対策 | ** | ** | ** |
| 交互作用 | N.S. | N.S. | N.S. |

** 1%で有意、N.S. 有意差なし。

表-13 札郷2号、鬼泪4号、新城2号、丹沢7号の若齢木と成木の袋掛けの発芽率

| クローン | 幼齢木 | 成木 |
|------|------|------|
| 札郷2号 | 28.3 | 51.0 |
| 鬼泪4号 | 27.2 | 33.0 |
| 新城2号 | 42.8 | 64.0 |
| 丹沢7号 | 26.7 | 52.0 |
| 平均 | 31.2 | 50.0 |

注: 若齢木の発芽率は、各結実処理と対照の値の平均。

のに対し、無処理の発芽率は新城2号の200 ppm 散布 (20.0%) を除きすべて8.0% 以下であり、明らかに袋掛けした種子の発芽率の方が高かった。分散分析でもカメムシ対策、すなわち袋掛けと無処理に1%水準で有意差が認められた。また分散分析では着花結実処理間に有意差は認められなかった。札幌2号など4クローンの袋掛けした種子の平均発芽率は、幼齢木で31.2%だったが成木では50.0%だった。

考 察

ジベレリン施用方法として、水溶液と散布の雄花着花指数、種子重量は無処理とした対照とほとんどかわらず、多重比較でも対照と有意差のあった処理は、ペースト2 mg、ペースト1.5 mg、ペースト2 mg + 剥皮、ペースト1.5 mg + 剥皮であった。したがって、ジベレリン施用方法はペーストが着花結実促進に最も効果のあると判断できた。また、ペースト、団子、水溶液において、雄花着花指数、種子重量とも、2 mg と2 mg + 剥皮の間、1.5 mg と1.5 mg + 剥皮の間でそれぞれ有意差が検出されず、剥皮併用の効果は認められなかった。橋詰ら (1970) は剥皮の併用がジベレリン単独より効果があると報告しているが、試験木齢、試験木サイズ、ジベレリン施用方法、さらに用いたクローンも異なり、これらのことから剥皮を併用しても評価に違いが生じたと考えられる。ジベレリン施用量については、中村ら (2012) は林野庁等が選抜した花粉の少ないヒノキ16クローン (本試験で用いた新城2号、鬼泪4号を含む) のつぎ木3年生の幼齢木にペースト単独処理を行い、効果のある施用量は雌雄花ともに1.5 mg と2 mg であったと報告している。本試験は剥皮との併用であるが、ペースト、団子、水溶液ともに、1.5 mg と2 mg の間で有意差は認められなかった。したがって、剥皮併用の効果が認められなかったことを併せると、花粉の少ないヒノキ幼齢木の着花結実促進効果において、ジベレリンの施用量1.5 mg と2 mg では差がないと考えられた。また、中村らは豊作だった2011年、本試験は凶作だった2010年の結果である。ジベレリンによる着花促進効果は豊作年か不作年かで大きく異なるといわれている (植田 1987) が、中村らと本試験の結果から、豊凶に関わらずジベレリン施用量は1.5 mg と2 mg で同程度の着花結実促進効果を示すと考えられた。

最も着花結実促進効果のあったペーストを施用した場合の葉枯れについては、表-9に示した分析1と3から1.5

mg では単独および剥皮と併用とも無処理と有意差が認められなかった。一方、同表の分析1と2から2 mg では単独および剥皮と併用ともに無処理と有意差が認められた。したがって、葉枯れへの影響は2 mg より1.5 mg の方が少ないと考えられた。また、葉枯れ指数ごとの樹高および直径成長率からジベレリン施用による成長への影響をみると、樹高成長率では葉枯れがない状態を示す0と統計的に有意な差のある葉枯れ指数はなかった。一方、直径成長率では葉枯れ指数1は0と有意差はなかったが、葉枯れ指数2と3の直径成長率は0よりも有意に劣っていた。本試験木はまだ若く枯れ枝も生じていないため、パイプモデル理論 (Shinozaki *et al.* 1964) により測定したつぎ部直上の直径は生枝下直径同様に葉量を反映していると考えられる。したがって、葉枯れ指数1は葉枯れ指数0、すなわち葉枯れがなかった場合と同程度に葉量が増加したと推察され、試験木への葉枯れの影響はほとんどなかったと考えられる。葉枯れ指数が対照と統計的に差がなかったペースト1.5 mg、ペースト1.5 mg + 剥皮について、両処理を行った札幌2号と秋元1号の葉枯れ指数0と1の試験木の割合を計算すると、ペースト1.5 mg が平均95% (札幌2号90%、秋元1号100%) であったのに対し、ペースト1.5 mg + 剥皮は平均68.5% (札幌2号70%、秋元1号67%) であり、ペースト1.5 mg + 剥皮よりペースト1.5 mg の方が高い傾向であった。以上から、葉枯れの影響を加味すると、着花結実促進処理方法はジベレリンペースト1.5 mg の単独処理が実用的と判断できた。なお、通常採種園での試験と同様に雄花着花状況、種子量、発芽率にクローン間差が認められ、品質の良い種子生産には、さらに通常の採種園と同様に検討が必要 (丹原 1987; 植田 1987) である。

幼齢木に袋掛けした種子の発芽率は無処理よりも明らかに高く、カメムシ対策については幼齢木でも既存の方法で対応できることが明らかとなった。また、着花結実促進処理木の種子の発芽率は、対照とした無処理木と統計的な差は認められず、幼齢木へのジベレリン施用やジベレリンと剥皮の併用は発芽率を低下させないことも明らかとなった。一方、幼齢木の発芽率は成木と比べると低かった。発芽率を低下させた一因として受粉率に影響する空中花粉密度 (今・小山 2000) が、本試験地は雄花が着花しやすい採種園より低いことが考えられる。筆者らは、現在、交配時期に採種園を一時的に閉鎖して花粉を人工的に供給する方法を検討している。この方法により空中花粉密度を高めることができれば、発芽率を向上できる可能性がある。加えて、幼齢木種子の発芽率が成木の発芽率より低いことはヒメコマツで報

告されている(遠藤ら 2010)。異なる樹種の報告であるが、十分な結実齢に達していない幼齢木種子の発芽率が成木より低いことは、生理的に妥当とも考えられる。

最後に、千葉県で選抜した花粉の少ないヒノキ若齢木で県内種子供給量を賄う採種園面積を試算した。ここで、県内種子生産量の約80%を占める前述した森林研究所構内採種園の2011年の種子量1.3kgを生産できることを条件とした。本試験結果でジベレリンペースト1.5mgを単独処理した場合の種子量は1.82g(表-7の1.69gと1.94gの平均)であり、1.3kg生産するためには採種木が714本必要となる。スギミニチュア採種園の技術(林木育種推進東北地区協議会 2000)を準用して、植栽間隔を1.0m×1.0mとすると植栽面積は0.07ha、余裕を2割程度みると0.084ha、ジベレリン処理を3年間隔、すなわち採種は3年に1回とすると3倍の0.252haとなる。さらに幼齢木の種子が採種園産の種子より発芽率の6割程度だったことを考慮すると、この面積を0.6で除して約0.42haとなる。1.3kgが県内種子生産量の80%に相当することから、全生産量を生産する面積は、さらに0.8で除して0.525haとなる。この面積を造成することは事業として十分に可能性がある値と考えられる。ただし、千葉県の種子供給の実態は豊作年の種子生産量への依存度が高く、豊作年には10~12kgの種子を生産している。したがって、若齢木においても、豊作年にはこの採種園採種木と同様に、大幅に種子生産量が増大するか否かの確認が必要である。併せて、上記の計算は2クローンの種子生産量を根拠としており、その他のクローンについても、ペースト1.5mgを単独処理した場合の種子生産量の確認も必要である。

引用文献

阿久沢和夫(1989)ヒノキ採種園の結実促進試験(8)。昭和63年度群馬県林業試験場業務報告: 8-9
 千葉県農林水産部森林課(2012)平成23年度千葉県森林林業統計書。千葉
 遠藤良太(2009)花粉の少ないヒノキの選抜。平成20年度千葉県農林総研森林試験成績書: 15-16
 遠藤良太・藤林範子(2010)千葉県におけるヒノキ苗木の着花促進(予報)。林木の育種 特別号: 4-8
 遠藤良太・池田裕行・鈴木祐紀・尾崎煙雄・藤平量郎(2010)房総半島産ヒメコマツつぎ木苗の種子生産状況。関東森林研究 61: 99-102
 遠藤良太・小林沙希(2012)ヒノキつぎ木若齢木(つぎ木後3~6年生)の根切りによる着花促進。関東森林研

究 63: 81-84
 橋詰隼人・綱田良夫・福井温信・植木忠二(1970)環状剥皮とGA処理によるヒノキクロンの着花促進。日本森林学会誌 52: 191-197
 小林沙希・遠藤良太(2012)千葉県に適した花粉の少ないヒノキの選抜。千葉県農林総合研究センター研究報告 4: 101-106
 今博計・小山浩正(2000)ジベレリン処理によるヒノキアスナロの種子生産。日本森林学会誌 82: 148-153
 前田雅量・吉野豊(1996)環状剥皮とBAP施用が数種広葉樹の萌芽におよぼす影響(予報)。日本林学会論文集 107: 247-248
 中村健一・奈良雅代・新井一司・西澤敦彦・小林沙希・遠藤良太(2012)ヒノキ少花粉品種の早期着花手法の検討。第123回日本森林学会学術講演集: M18
 西端慎一・斎藤洋三(2002)都市部(東京都)の一診療所におけるスギ花粉症患者の受診動態。日本耳鼻咽喉科学会会報 105: 751-758
 林木育種推進東北地区協議会(2000)東北育種基本区ミニチュア採種園技術マニュアル。林木育種推進東北地区協議会、岩手
 林野庁(2007)平成18年度花粉の少ない品種選定に関する調査報告書。東京
 齋藤央嗣(2005)花粉の少ないヒノキの選抜。公立林業試験研究機関研究成果選集: 55-56
 佐々木研・丹藤修(1990)ガラス室内鉢植え管理におけるヒノキさし木苗の着花促進。林木育種センター研究報告 8: 11-122
 Sinozaki K, Yoda K, Hozumi K, Kira T (1964) A quantitative analysis of plant form - the pipe model theory: I. Basic analysis. Japanese Journal of Ecology 14: 97-105
 丹原哲夫(1987)ヒノキ採種園の種子生産量と着花促進試験。岡山県林業試験場研究報告 7: 1-31
 植田幸秀(1987)ヒノキ採種園における着花促進と採種園構成クロンの着花結実特性について。鳥取県林業試験場試験研究報告 30: 1-46
 山本茂弘・袴田哲司・近藤晃(2005)静岡県産ヒノキ精英樹からの少花粉系統の選抜。静岡県林業技術センター研究報告 33: 1-7
 吉野豊・榎谷金治・板垣富泰(1975)ジベレリン剥皮処理によるヒノキの着花促進。兵庫県立林業試験場研究報告 17: 1-3