

優良種苗生産マニュアル



埼玉県寄居林業事務所 森林研究室

平成29年3月

はじめに

造林コストの削減をめざす上で、初期成長の良い苗木を植栽することは下刈り作業期間の短縮に有効です。一方、林業の立場からスギ花粉症問題を考える場合、林野庁が定めたスギ花粉症対策品種のうち、少花粉スギ品種（以後、少花粉スギ品種と呼ぶ）を用いることで花粉飛散量を従来よりも減少させることが期待できます。これらのことから、初期成長が良くかつ花粉飛散量の少ない品種の開発が進められています。また、生物多様性への配慮から地域性種苗が重視される中で、県産精英樹系統を組み込んだ品種の育成も重要です。

このような育種を実施するため、県外の少花粉スギ品種の中から、初期成長の優れた品種を選定し、県内少花粉スギ品種との人工交配により第2世代精英樹候補群を得ました。「優良種苗生産マニュアル」では、1章「人工交配種子生産」で2世代少花粉精英樹群を育成する過程で得られた人工交配を効率的に実施するための知見を、2章では「第2世代少花粉精英樹群の特性」として得られた苗木の成長特性及び雄花着花性をまとめました。また、3章「低コスト造林に向けた苗木生産」では下刈りの省略とニホンジカ被害の低減に効果的な大苗木造林用苗木の生産法と造林後の成長特性をまとめました。

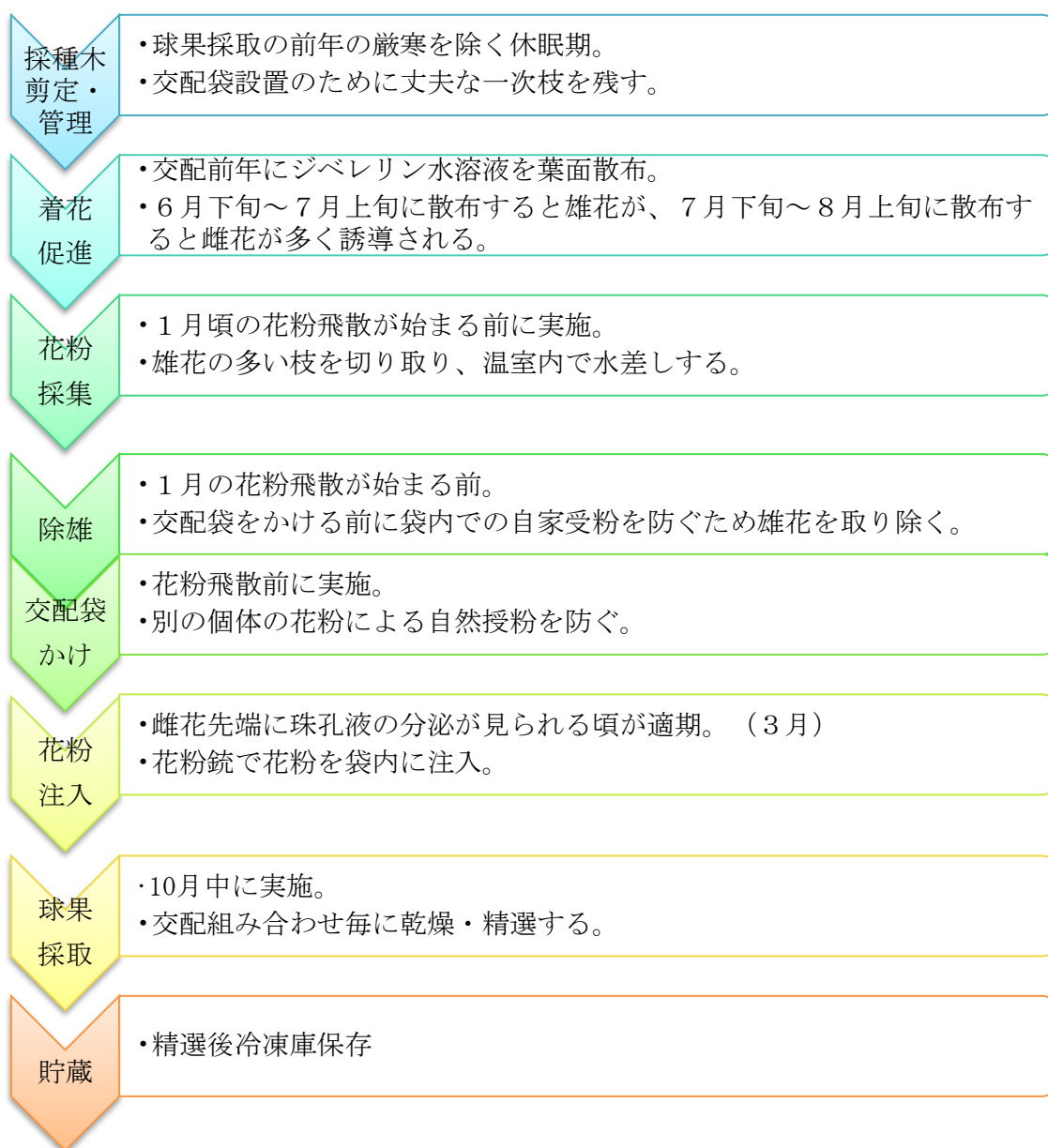
平成29年3月

埼玉県寄居林業事務所 森林研究室

1 人工交配種子生産

一般的な造林樹種の種苗生産法の採種園方式においては自然交配種子を採取するので両親の組み合わせについては不明ですが、人工交配では両親の長所を併せ持つ、より優れた子供を育成することができます。しかし、人工交配は採種園方式に比較し、作業が煩雑であるとともに、獲得できる種子量の点で難点があります。ここでは、人工交配の方法と効率化するための技術について述べます。

(1) 人工交配の流れ



(2) 人工交配の方法

ア 採種木の剪定・管理

一般的に採種園で自然交配を行う場合には、採種木の重なり枝、下垂枝及び主幹との競合枝を間引き、残った一次枝を剪定し、それに萌芽枝や二次枝を育成させます。一方、人工交配を行う場合には、交配袋設置後の突風等による強風にあおられて枝折れするのを防ぐために幹から出る丈夫な一次枝に交配袋を設置する必要があります。また、花粉採集用の雄花着生枝は、ある程度細く長く伸びた一次枝や二次枝に雄花を着花させる必要があることから、これらを考慮した整枝選定が必要です。

イ 着花促進処理

スギでは人工交配を行う前年の6～8月にジベレリン 100ppm 水溶液を噴霧器により葉面が十分濡れるまで散布します。関東地方では、7月上旬までに散布すると雄花が、7月下旬以降に散布すると雌花が多く誘導されます。5～6月の平均気温が高めに推移した年は1回目を早めに散布します。



写真-1 ジベレリンの葉面散布の様子

Q. ジベレリン処理で本当に花は着くの？

A. 着きますが品種や処理年度によって差があります

調査方法

平成 24、25 年に少花粉スギ精英樹の接ぎ木苗（秩父 5 号・秩父 10 号・比企 1 号・比企 13 号・多賀 14 号・大井 9 号・足柄下 6 号・愛甲 2 号・片浦 5 号・群馬 4 号）および挿し木苗（河沼 1 号）を用いて人工交配を行いました。着花促進処理としてジベレリン 100ppm 水溶液を当年枝に噴霧しました。雌花への

袋かけおよび雄花着生枝の採取時に、少花粉品種の雌雄花の着花性を6ランク区分（「スギ林の雄花調査法」林野庁 2007）で調査しました。

表-1 スギ雄花着花量調査指数

指数	内容
0	着生していない
1	わずかに着生している
2	着生しているが量が少ない
3	ある程度着生している
4	全体に着生している
5	全体に密に着生している

調査結果および考察

2年における少花粉品種のジベレリン処理による着花性は表-2のとおりです。着花量は年によって異なる場合がありますが、品種別の雄花量は秩父5号・比企1号が少なく、品種別の雌花量は足柄下6号・片浦5号が少ない結果となりました。

表-2 少花粉品種のジベレリン処理時の着花性

着花指数	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
調査年	秩父5	秩父10	比企1	比企13	群馬4	足柄下6						
H24	2.0	4.3	3.0	4.0	1.4	3.4	5.0	3.0	3.8	3.6	3.1	0.7
H25	3.3	4.3	3.3	4.0	3.8	5.0	3.5	0.5	4.3	3.0	3.8	0.0
調査年	愛甲2	片浦5	河沼1	多賀14	大井9							
H24	3.2	2.6	3.6	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-
H25	4.0	4.0	4.3	0.8	2.5	0.0	4.3	3.3	2.5	1.5	-	-

ウ 花粉採集

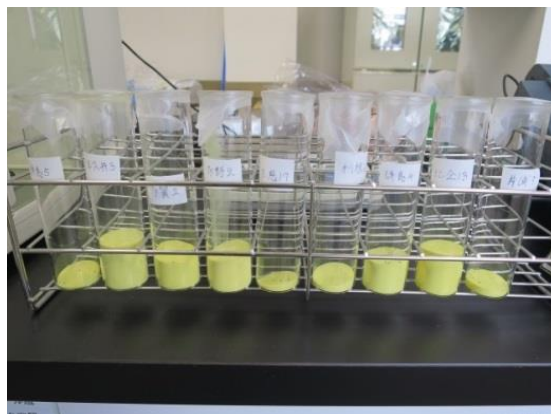
花粉飛散が始まる前に花粉親（雄親）とする木から雄花の多い枝を採取します。水に差す部分を除き、枝をグラシン袋または交配袋で覆い口の部分の枝を青梅綿などで巻き、針金等で縛ります。この時、袋内に多くの枝を詰め過ぎると雄花が十分に開花せず花粉の収量が少なくなるので袋内の枝が少なくします。水を入れた広口瓶等の容器に枝をさし、雄花の開花を待ちます。枝は良く水を吸い上げるので、瓶内の水はこまめに交換、補給します。

水差し後2～3週間ほど経過すると雄花が十分に開花するので、袋を軽くたたき、花粉を落としてから袋の隅を切って集めます。これを数回繰り返します。集めた花粉に雄花などゴミが混じると、カビの繁殖や花粉注入時に花粉銃が詰まる原因となるので、1mmふるいで不純物を取り除きます。

採集した花粉は、容器にクローン名を明記し、乾燥剤を入れた密封容器に入れて交配に使用するまで冷蔵保存します。



写真－ 3 花粉採取前の雄花着生枝



写真－4 採集した花粉

エ 除雄

雌花の着生した枝に交配袋をかけたとき、袋内部に雄花が残っていると袋内で自家受粉が起こってしまいます。これを防ぐため、未熟であるうちにサツキ鋏等で雄花を全て取り除きます。

Q. 楽に除雄処理することはできないの？

A. ソルビタン脂肪酸エステル処理による除雄効果を試しました

試験方法

平成 24 年 11 月に県内産少花粉精英樹（秩父 5 号、秩父 10 号、比企 1 号、比企 13 号）の枝の雄花及び雌花着生部位（10 cm ぐらい）をソルビタン脂肪酸エステル（SEFA）13 倍希釈液に浸漬しました。

平成 25 年 1 月に雄花及び雌花の着花性調査を実施しました。

結果及び考察

秩父 10 号、比企 1 号では除雄処理した全てあるいはほとんどの枝で雄花の枯死が認められたものの、秩父 5 号、比企 13 号では多くの枝で生存している雄花が認められました。一方、雌花は秩父 5 号では全て生存していましたが、その他の品種では 2 割程度枯死しました

これらのことから、SEFA 処理によるスギ雄花抑制効果は限定的で、人工交配に利用するには課題がありました。しかし、薬剤の改良が進められており、今後に期待しています

表－3 ソルビタン脂肪酸エステルによる雄花・雌花の割合（％）

品種	雄花			雌花		
	生	枯	部分枯	生	枯	部分枯
秩父5	100	0	0	100	0	0
秩父10	0	56.7	43.3	66.7	22.2	11.1
比企1	5	95	0	73.3	20	6.7
比企13	80	5	15	70	20	10



写真-5 SEFA 処理の様子



写真-6 SEFA 処理により枯死した雄花（左）と生存した雄花（右）

オ 交配袋かけ

雌花に別の個体の花粉による自然授粉を防ぐため、花粉飛散前に雌花の着生した枝に交配袋をかけます。最初に、交配袋内で枝が伸長すると袋を突き破ってしまう恐れがあるため雌花の着いていない葉や枝の先端は切り落としておく必要があります。袋の口の枝に脱脂していない綿（青梅綿）を巻き付け塞ぎ、ビニタイ等で縛ります。また、交配袋への詰め過ぎは葉の生育不良の原因となります。生育不良は、枯死につながることはありませんが、場合によっては樹形変形の原因になります。



写真-7 交配袋かけの様子



写真-8 枝の伸長により破けた交配袋

カ 花粉注入

花粉注入は花粉銃を用いて花粉親の花粉を袋の中に注入し受粉させます。雌花の開花の時期は個体（クローン）によって異なりますが、雌花の先端に珠孔液という液体の分泌が見られるときに適期です。珠孔液の引き込みは、スギの花粉だけでなく他樹種の花粉やほこり等の付着によっても起こり、一度珠孔液が引き込まれるとその胚珠からは再度分泌されることはないので、花粉注入のタイミングは逃さないようにすることが大切です。このため、スギでは、雌花が開花する3月頃に1回あたりに2回吹き込みます。1～2週開けて2回目の花粉をします。

花粉注入後には受粉の機会を増やすために交配袋を軽く振っておきます。



写真-9 花粉銃



写真-10 花粉注入の様子



写真-11 珠孔液を分泌した雌花

キ 花粉注入後の管理

花粉の飛散終了後、交配袋を外します。雌花は球形に膨らんでいますがそのままにしておくとカメムシ類に吸汁され、種子の発芽率が低下してしまうので防虫網等をかけておく必要があります。通気性・通水性がある不織布製

交配袋を人工交配に用いて、球果採取時期まで交配袋を撤去しなくても成熟種子を生産できることが示されています。(7) 一方、野菜ネットでは、ネットの隙間からカメムシが内部の葉に産卵可能となり、ネット内で孵化して球果を吸汁される恐れがあります。また、紙製交配袋では強風などによる摩擦により破損する可能性があります。



写真－ 12 カメムシ防除のための袋かけ

紙製交配袋（左）、野菜ネット（中央）、化繊不織布製交配袋（右）

ク 球果採取

スギ球果の採取時期は、林業種苗法第 23 条で 9 月 20 日以降と規定されています。近年は球果の成熟時期が年によって異なるようです。袋の有無によって成熟に差がないので、袋の掛かっている球果の褐変や割れ具合を参考に採種時期を決定します。

採取後は風通しの良い日陰で 1 ヶ月程度乾燥して、球果が十分に開いた後、8mm のふるいにかけて球果から種子分離（脱粒）します。その後、2 mm のふるいにかけて、雄花殻等のゴミ及びシイナを取り除きます。



写真－13 球果採取の様子



写真－ 14 交配組み合わせごとに風乾



写真－ 15 脱粒の様子



写真－16 精選後のスギ種子

ケ 種子の貯蔵

スギの種子は低温・凍結・乾燥によって発芽率を保ったまま長期間保存することが可能です。種子貯蔵の際は、密封性のある保存容器に入れて冷凍庫（ -15°C 程度）で保存することで、発芽率の低下を招かずに数年間の保存が可能です。保存種子を利用するために、種子を冷凍庫から取り出したり、密閉容器を開けたりすることによって、種子の発芽率が低下することが知られています。頻繁に種子を取り出す必要がある場合には、いくつかの容器に種子を分散して保存しておくなどの工夫が必要です。

2 第2世代少花粉精英樹群の特性

平成24年に実施した人工交配によって得た種子を平成26年3月に苗床に播種しました。播種苗は平成27年4月に床替えを実施後、2成長期経過した平成28年4月に苗高を測定しました。上位半分（19組み合わせ）の各組合せで上位1割を育苗段階で良い結果のものを第2世代精英樹群として選抜しました。（図-1）

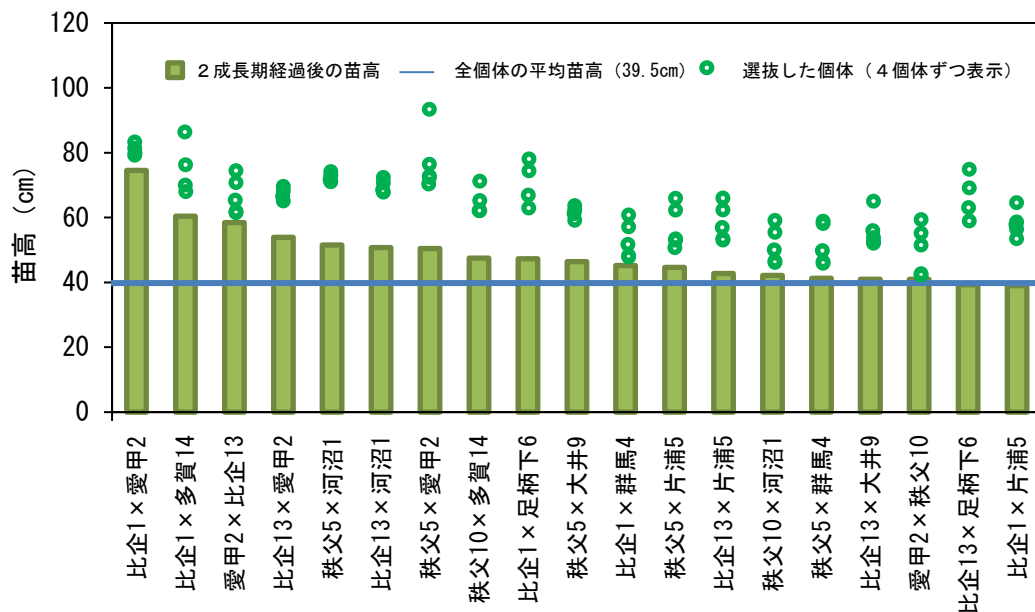


図-1 播種後2成長期経過後、苗高成長の良かった組み合わせ

Q. 人工交配でできた子供世代の苗木の成長特性は？

A. 苗木畑で育苗した時点で交配組み合わせによって差が出ています

試験方法

平成24年に実施した人工交配によって得た種子を平成26年3月に苗床に播種しました。播種苗は平成27年4月に床替えを実施後、2成長期経過した平成28年4月に苗高を測定しました。

結果及び考察

図-1 には播種から2成長期が経過した時点の各組み合わせの平均苗高を、表-5 には各個体の苗高から算出された交配親の少花粉スギ品種の初期成長の育種価(※)を示します。組み合わせ間の平均苗高には差が認められました。最も平均苗高の高かった組み合わせは母樹が比企1号、花粉親が愛甲2号の組み合わせで、最も平均苗高の低かった組み合わせは母樹が秩父10号、花粉親が群馬4号の組み合わせでした。多重検定の結果、交配組み合わせによって、

初期成長に差が認められました。

また、交配親となった各品種の育種価で初期成長の良いのは愛甲2号、反対に初期成長の悪いのは片浦5号でした。初期成長の良い少花粉スギ品種を開発する場合、愛甲2号、比企1号や河沼1号を雄親・雌親に使うことが有効だと考えられます。

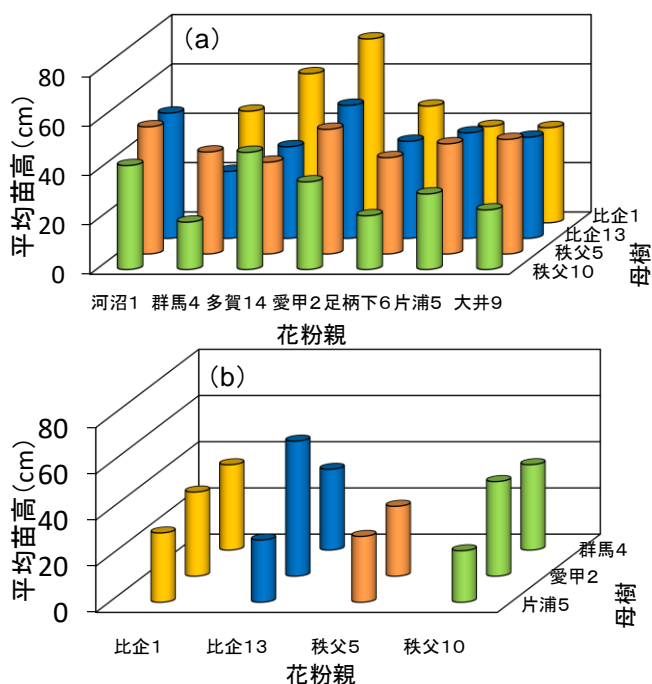


表-4

各品種の初期成長に関する育種価

品種	育種価(cm)
愛甲2号	10.25
比企1号	8.304
河沼1号	7.864
多賀14号	4.134
比企13号	2.272
秩父5号	1.069
大井9号	-2.840
足柄下6号	-3.631
群馬4号	-7.755
片浦5号	-8.026
秩父10号	-11.65

※育種価：親として子供の世代に伝えることのできる遺伝的能力

図-2 交配組み合わせによる平均苗高
(a) 県内品種が母樹, (b) 県内品種が花粉親の場合

Q. 少花粉同士的人工交配苗は本当に雄花が少ないの？

A. 交配組み合わせによって差はありますが、全体的に低いです

試験方法

人工交配苗の雄花生産性を明らかにするため、平成28年6月下旬にジベレリン50ppm水溶液を葉面散布しました。雄花着花性は平成28年10月上旬に目視に調査し、人工交配時の着花状況調査と同様に0～5の6段階で評価しました。

結果及び考察

雄花生産性調査の結果を図-2に示します。交配組み合わせ間で雄花生産性(指数)に差が認められました。一方で、この年の県内スギ林分の雄花着花状況調査では雄花着花指数が2.55(赤線)であり、最も高い交配組み合わせ秩父5号×群馬4号でも1.92であり、全体的に雄花生産性は低い結果となりました。

した。以上のことから、少花粉品種同士の人工交配苗は交配組み合わせによって雄花生産性に差はあるものの、従来のスギに比べてその生産性は低いと考えられます。

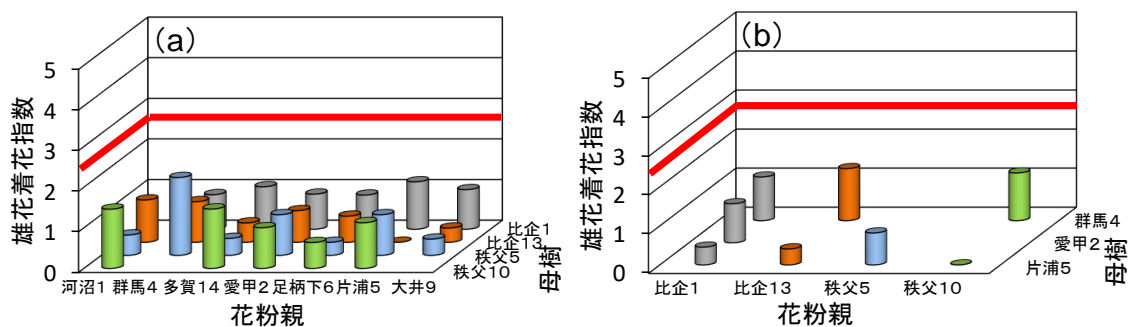


図-3 交配組み合わせによる雄花着花指数

(a) 県内品種が母樹, (b) 県内品種が花粉親の場合

赤線：県内スギ林分の雄花着花指数

3 大苗育苗法の開発

本県の先行研究「下刈り費用を半減する低コスト造林技術の確立」（平成21～23年度）では、1号苗木をおよそ15cm間隔で仮植し3年経過した大苗（平均苗高1.58m）を山地植栽しました。雑草木調査の結果、植栽区には蔓植物が少なく、ほとんどの雑草木高は1m以下でした。一方、植栽した大苗の活着率は12%と低く、活着率が向上すれば下刈り低減策として有効であると考えられました。

また、スギ実生苗を苗間15・30・45cmで植栽した結果、11か月後には30・45cm区>15cm区となりました。ただし、T/R比は全ての区画で良苗の基準を満たしていませんでした。成長、苗木の充実及び面積効率から30cm区での大苗生産が有効と考えられました。

これらを踏まえて、本試験では、植栽密度を変えて育苗した大苗を実際に山地植栽し、その後の活着や苗木成長について調査しました。

(1) スギ大苗の育苗及び山地植栽

平成23年3月24日に2年生スギ実生苗を育苗密度15・30および45cmに変えて所内圃場に植栽して育苗しました。1年間育苗したスギ大苗を平成24年6月にこだま森林組合が神川町大字上阿久原地内山林に植栽しました。その後は下刈りを実施せずに放置しました。

(2) 調査

大苗植栽について実際に作業にあたったこだま森林組合の作業班にアンケートを行いました。また、植栽した大苗は1成長期ごとに成長量を調査しました。

(3) 結果

いずれの育苗間隔でもT/R比は活着に十分な6以下となり、山地植栽後の活着率は90%以上を示しました。また山地植栽時の苗高は育苗間隔の広い苗木の方が大きかったのですが、植栽後4年経過時には同等の苗高に成長していました。（表-5）これらのことから、密植が1年であれば、15cm間隔育苗の大苗でも活着率は問題なく、植栽後数年で苗高は追いつくと考えられます。

アンケートからは、大苗の植栽手間は通常の苗木に比べ、作業路密度が高く軽トラックでの植栽ポイントへの少運搬及び役割分担で効率を上げるこ

とが可能となり 2 割～5 割増しとなるものの、成立本数が ha あたり 1600～1800 本の低コスト植栽を想定した場合、問題ないとのことでした(表-6)。

植栽後の下刈り管理については、未実施でも苗木の成長を阻害する要因にはなりません(表-5)。さらに、シカによる剥皮害はほとんど認められません(表-5)。以上のことから、大苗植栽は下刈り省略に有効と考えられます。

表-5 山地植栽後の大苗の活着率及び成長量

	圃場での育苗間隔 (cm)		
	15	30	45
T/R比	2.7	3.0	2.9
活着率 (%)	92	91	95
山地植栽時苗高 (cm)	142.4	180.4	191.2
山地植栽後 4年経過時苗高 (cm)	356.1	358.5	360.4

表-6 アンケート結果

<p>Q 坪刈りして植えたとのことだったと思いますが、具体的になるだけ詳しく教えてください。</p> <p>A 作業道側は鉋等で刈り払って植えた。除地に近い方は、状況がひどいので刈払い機で 0.5 人手間かけて刈り払う。</p>
<p>Q 植栽穴の大きさ・深さ、根を広げてとか、根切りなど、なるべく詳しく植栽の方法や工夫した点等を教えてください。</p> <p>A 細かい根は傷つけないように扱った。穴の深さは 25cm ぐらいで、植え方は苗木が少し曲がっているので直か山側に寝かせる。(山側に寝た時は復活するが、谷側に寝ると復活しない)。シャベルは斜面が緩く石が少なければ捗る。</p>
<p>Q 大苗で大変だったろうともいますが、通常苗木と時間・労力(辛さ)がどの程度違ったか、感想で構わないのでお願いします。</p> <p>A 植栽手間は、良い場所で 2 割増しぐらい、場所が悪いと 5 割増しぐらい。成立本数が少ないので (ha 当たり 1600～1800 本) 1 本当たり手間を掛けても良いのでは？</p>
<p>Q 道から各植栽場所までの運搬方法(例: 1 ずつ運搬とか、数本まとめてとか)や工夫したところ。</p> <p>A 従来使っている苗木袋は 10 本も入らなく、バランスが悪くて担げない。 当日天気が曇りで風が無かったため、以下の方法をとった。 軽トラックに 150 本ぐらい積み込み、林道・作業道を使い植栽ポイント近くに小運搬し、そこから各 10～15 本を脇に抱えて植えていく、途中から苗木を専門に配る人を設けたら効率が上がった。天気が良いとき</p>

は、根だけ被せる袋でも用意するしかないのでは。植栽方法を工夫するより、運搬距離（方法）を工夫した方がコストの下がる幅が大きい。

Q 今回は大き過ぎると思いますので、大苗とすれば、大きさの限度は？

A 今の大きさでも大丈夫。それよりも、根の手入れ・枝葉の裾払い・運搬方法だと思います。そして、どれだけ丁寧に植栽できるかが重要。(成立本数が少ないので1本当たりの歩留まりをどこまで上げられるか)

参考文献

- (1) 井出雄二・白石進 (2012) 森林遺伝育種学. 文永堂出版
- (2) 倉本哲嗣・藤澤義武 (2013) 【解説】講座：林木育種の ABC (5) 人工交配技術－スギ－. 森林遺伝育種 第2巻：154－157
- (3) 三重県林業試験場 (2016) ミニチュア採種園方式によるスギ種子生産マニュアル.
- (4) 向井讓・横山敏孝 (1985) 珠孔液の動きからみたスギの受粉のチャンス. 林木の育種「特別号」：24－27
- (5) 向井讓・横山敏孝 (1983) スギ受粉時における珠孔液の動き. 94回日林論：293－294
- (6) 山田浩雄・小林玲爾・中田了五・宮浦富保 (1998) 液体窒素 (−196℃) で長期保存したスギ花粉の種子形成能力. 日林誌 80 (3)：201－204
- (7) 山野邊太郎 (2017) スギ・ヒノキ人工交配での不織布袋適用によるカメムシ防除簡略化の試行. 関東森林研究 68 (2)：205－208



優良種苗生産マニュアル

平成29年3月発行

編集・発行 埼玉県寄居林業事務所 森林研究室

〒 369-1203

埼玉県大里郡寄居町寄居 1587-1

TEL 048-581-0123