

粉碎した少花粉スギ雄花を用いた溶液授粉の可能性

小倉 晃

I. はじめに

全国のスギ花粉症の有病率は 38.8%とスギ花粉症対策は全国的な課題となっており、花粉症という社会問題を解決するため、政府としても花粉症対策に取り組んでおり（政府広報オンライン 2023）、発生源対策としては①花粉を飛散させるスギ人工林等の伐採・利用、②花粉の少ない苗木による植替えや広葉樹の導入、③花粉の発生を抑える技術の実用化を進めている（石川県 2021）。石川県でも花粉の少ないスギ（以下少花粉スギ）苗木への植替えによる花粉症対策も行っている。このため、石川県では少花粉スギ品種のミニチュア採種園を整備し、10年生以下の母樹にジベレリン処理を行い、雄花、雌花を着花させ、主に人工交配を行っている。しかし、少花粉スギは平年では雄花を全く着けないかごくわずかししか着けず、花粉飛散量の多い年でもほとんど花粉を出さない品種（林野庁 2023）特性のため、ジベレリン処理を行っても安定的に雄花を着けず花粉を採集することが非常に難しく、種子生産にも問題が生じている。従来スギの人工交配用の花粉は、多く雄花がついているシュートに袋をかけ、シュートを水差しし、雄花が咲いたら、袋を振って花粉を瓶等に集める。集められ乾燥させた花粉が人工授粉で使用される。しかし、少花粉スギでは雄花が多量に着いたシュートはほとんどないため多くのシュートが必要であり、花粉を集めることは非常に難しく労力的に厳しい。また、雌花に袋掛けを行う際には、自家受粉を避けるために袋内の雄花をむしり取ることから貴重な雄花が無駄になる。そこで、赤井（2014）が行った破碎したスギ雄花からの花粉採取と宮本ら（2021）、斎藤（2022）が行ったスギの溶液授粉を合わせて行い、粉碎した雄花から採取した花粉で懸濁液を作成し、それを用いた溶液授粉を行い、少花粉スギの人工交配の省力化について検討したので、その結果について報告する。

II. 方法

供試木は石川県羽咋郡志賀町火打谷地区にある石川県緑化センターのミニチュア採種園に植栽している少花粉スギ（河北 4 号、金沢署 101 号）である。2 月下旬の開花に至っていない時期に、比較的雄花が多く付いているシュートと雄花のみを集めた。雄花付きのシュートは袋掛けをし、恒温室に入れ、水差しし、開花後、瓶に花粉を集めた。雄花のみものは密閉し、冷蔵庫で保管した。また、ジベレリン処理を実施したうちの 18 本（うち河北 4 号は 8 本、金沢署 101 は 10 本）の雌花の多いシュートに袋掛けを行った。袋掛けを行ったシュート数は 79 本（河北 4 号 31 本、金沢署 101 号は 48 本）である（表 1）。袋掛けを行った母樹の樹高と胸高直径は、測桿ポールと林尺で測定した。

今回実施した人工授粉方法は、①従来の SMP 法（Supplemental Mass Pollination）、②雄花粉砕花粉懸濁液による溶液授粉法、③宮本ら（2021）や斎藤（2022）が行った収集した花粉で作成した溶液授粉法、の 3 通りである。花粉懸濁液の花粉濃度は、斎藤（2022）の結果に従い花粉重量比 20 倍の希釈とした。なお、粉碎した花粉懸濁液は次のように作成した。雄花をミキサーに入れ、10%のショ糖水溶液を加え、粉碎し、粉碎後、茶こしで漉し取り、さらに不織布タイプ水切りネット（メッシュサイズは不明）で漉し、寒天は入れずに作製した。この粉碎した花粉懸濁液を顕微鏡で確認したところ、図 1 のような破裂した花粉はほとんど確認できなかった。また、この花粉懸濁液の濃度調整は、

表-1. ジベレリン処理の回数、時期および本数

品種	母樹数 (本)	シュート数(本)				合計
		SMP	粉碎溶液	粉溶液	自然	
河北4	8	13	18		15	46
金沢署101	10	11	17	20	8	56
合計	18	24	35	20	23	102

雄花を粉碎した花粉懸濁液による溶液授粉を粉碎溶液
宮本・斎藤が行った溶液授粉法を粉溶液 とする

水差ししたシュートから集められた花粉重量 (2.5g) と花粉を分離した雄花の重さ (4.5g) から 20 倍希釈となるように有花粉雄花の量を決定した。



図-1. 雄花破碎花粉懸濁液の花粉の状態
壊れた花粉は極々一部であった

人工交配の時期は雌花の開花 (袋掛けした雌花に珠孔液を確認) を確認した令和 5 年 3 月 14 日と 17 日である。開花を確認した各個体の袋掛けを行ったシュートに各種の人工授粉を行った。SMP 法は油差しの容器に花粉を入れ、シュートを覆った袋に小さな穴をあけ、油差しのノズルを穴に差し込み、容器を押すことで、花粉が袋内で霧状となって注入される。花粉懸濁液は市販の 500ml スプレー瓶に入れ、袋の一部を切り、シュート全体に懸濁液が滴る程度スプレーし、切り取った部分をホッチキス止めし、外気を遮断した。各袋 1 回のみでの交配作業とした。

スギ花粉の飛散が収まった 5 月中旬に袋を外し、球果の結実率を調べた。結実率は 1 シュート毎に行い、結実した球果を結実した球果と結実しなかった雌花の和で割ったものを結実率とした。また、自然交配と比較するために、袋掛けをした個体の自然交配したシュートを選んで自然交配の結実率とした。

10 月中旬に球果を採取し、授粉方法と個体ごとに種子を分け、発芽率を調べた。発芽率は種子 100 個をシャーレに入れ、23℃の恒温器に入れ、1 か月間の発芽種子数を数えた。

Ⅲ. 結果および考察

1. 結実率

授粉方法の違いによる結実率は、表-2 のとおりである。平均すると、河北 4 号では金沢署 101

表-2. 授粉方法の違いによる結実率 (%)

品種	項目	SMP	粉碎溶液	粉溶液	自然
河北4	平均	76.9	62.2		0.0
	標準偏差	18.2	25.2		11.7
	最大値	95.7	93.8		92.0
	最小値	26.3	9.7		54.2
	データの個数	13	18		15
金沢署101	平均	24.9	47.1	26.9	64.8
	標準偏差	23.2	17.2	25.9	24.5
	最大値	76.8	69.4	80.7	95.1
	最小値	3.8	19.2	0.0	23.1
	データの個数	11	8	17	20

結実率 = 球果 ÷ (球果 + 結実していない雌花)
1 シュート当たり

号と比べ結実率が高かった。また、河北 4 号の SMP 法と自然交配では結実率が変わらず、溶液授粉は低かった。金沢署 101 号の SMP 法は自然交配に比べて低く溶液授粉も低かった。また、いずれの品種、方法とも標準偏差が大きかったことから、最大値を見てみると、全ての方法で成功と考えられるが、最小値を見ると全方法で失敗と言える。また、自然交配の結実率の最小値が比較的低いことから、雌花は付けるが結実しない花もあると考えられたことから、結実率と樹高の関係を見てみた。その結果個体が小さいと結実率は悪くなる傾向が見られた (図-2)。また、同一個体でもシュート間で結実率に差があり、同一シュート内でも結実した雌花もあれば結実していない雌花もある。橋詰 (1973a) によるとスギの開花時期は年や個体によって異なり 4~20 日の差異がみられ、人工授粉の時期は、満開の約 12 日前から満開後の

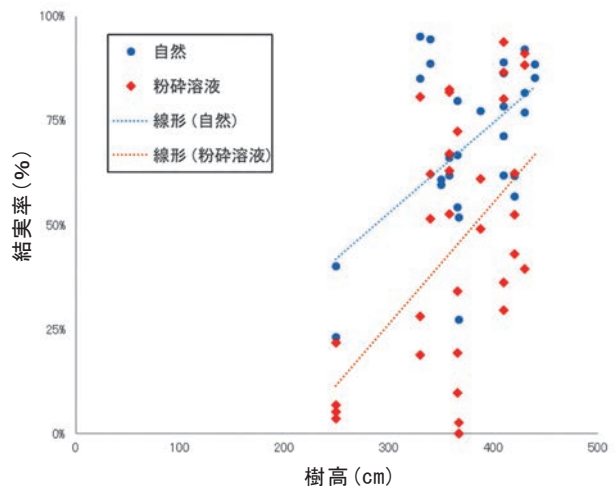


図-2. 交配方法の違いによる樹高と結実率の

約 10 日までの 22 日間としている(橋詰 1973b)。よって、同一個体内でも雌花の開花時期が異なり、同一シュート内でも開花時期が異なることが推察される。また、スギ人工交配を実施している複数の県の研究者からは「雌花の開花の確認は袋毎に行い、複数回交配作業を行っている」と言う声もいただいた。今回の雌花の開花確認は、1 個体の数個の雌花でしか確認しておらず、各袋とも 1 回のみでの交配作業しか行っていない。よって、交配はすべての雌花に対して、適期に交配作業ができたとは考えづらい。3 月 10 日に珠孔液を確認したところ、各個体とも液は確認されず、交配作業は行わなかった。雌花の開花特性や個体差を考えると、3 月 10 日の 4 日後や 7 日後に 1 回のみでの交配では不十分であり、複数回の交配作業が必要であると考えられる。よって、適切に行えば雄花粉砕の花粉懸濁液でも十分に結実できると考えられる。今回の結実率が低いシュートは、雄花粉砕花粉懸濁液による溶液授粉が原因では無く、適期に交配作業が行えなかったことが原因と考えられる。また、雄花粉砕花粉懸濁液を作製時に茶こし等に残った雄花残留物内にも多くの花粉が見られた。結実したシュートも多数あることから、今回作製した雄花粉砕花粉懸濁液は交配には問題のない花粉濃度であったと考えられる。雄花粉砕花粉懸濁液 100 μ l を血球計算盤に注入したところ、図-3 のような濃度であり、花粉数を数えるのは不可能な濃度であった。また、宮本ら(2021)や斎藤(2022)が行った収集した花粉で作製した懸濁液は図-4 のような濃度であり、雄花粉砕花粉懸濁

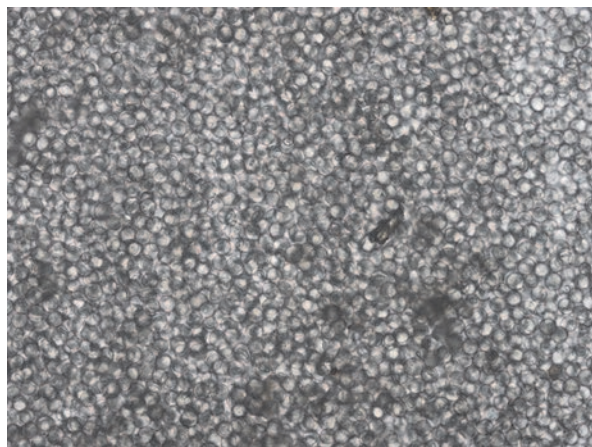


図-3. 雄花破碎花粉懸濁液の血球計算盤の状態
細胞のように花粉が重なり合っている

表-3. 授粉方法の違いによる発芽率 (%)

交配方法	樹種	発芽率(%)
自然	金沢署101	35.2
SMP	平均	18.9
粉碎溶液	平均	17.2
粉溶液	平均	12.5
SMP	河北4	10.2
SMP	金沢署101	24.4
粉碎溶液	河北4	7.7
粉碎溶液	金沢署101	31.5
粉溶液	河北4	11.0
粉溶液	金沢署101	14.0

液よりも若干薄いような感じがした。水差ししたシュートから花粉を分離した雄花には分離されずに残った花粉も多数確認されることから、懸濁液の花粉濃度の調整方法も今後の課題の 1 つと考えられる。

2. 発芽率

採取した種子の発芽率を調べたところ(表-3) SMP 法は 18.9%，粉碎溶液授粉法は 17.2%，宮本ら(2021)や斎藤(2022)の溶液授粉法では 12.5%であった。金沢署 101 号の自然交配の発芽率は 35.2%であり、人工交配の発芽率が低かった。このように人工交配の発芽率が低かったのは、①適期に交配が行えなかった、②1 回しか交配作業を行わなかった、③袋内の花粉濃度が低かった等複数の原因が考えられる。また、母樹毎に見てみると河北 4 号の発芽率がいずれの交配方法でも低いことから、樹種的な特性なのか今後注意して観察する必要があると思われる

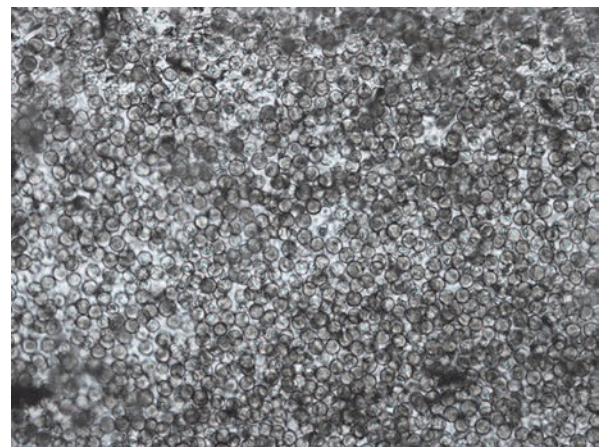


図-4. 宮本ら・斎藤の花粉懸濁液の血球計算盤の状態
図 3 よりは濃度が薄いように思われる

る。ちなみに、令和4年度に採取した自然交配種子の発芽率は、河北4号が16.4%、金沢署101号が20.2%であった。

以上のように、雄花を粉碎した花粉懸濁液を使用した溶液による人工授粉は実用可能と考えられるが、交配の時期、交配の作業回数、花粉濃度等課題がある。しかし、少花粉スギ特有の雄花が少ない品種にとっては少ない雄花を有効利用できるメリットがあり、今後の安定的な少花粉スギの種子生産には雄花を粉碎した花粉懸濁液による人工授粉方法も有効な交配方法の一つと考えられる。

今後も交配の時期や回数、懸濁液の花粉濃度などを検討し、効率の良い種子生産方法を検討していきたい。

最後に、本研究を進めるにあたり、富山県農林水産総合技術センター森林研究所の斎藤真己氏には多くの助言をいただきましたのでここに感謝申し上げます。

引用文献

赤井広野・池本省吾(2014)新しいスギ花粉採取法の提案. 第125回日本森林学会大会学術講演集: P1-057

橋詰隼人(1973a) 林木の交配に関する基礎研究 (V) スギの開花と受粉. 鳥取大学農学部研究報告 25: 83-96

橋詰隼人(1973b) 林木の交配に関する基礎研究 (VI) スギの人工授粉の適期の決定ならびに他家, 自然および無受粉における結果, 結実.

鳥取大学農学部研究報告 25: 97-103

石川県(2021) いしかわ森林・林業・木材産業振興ビジョン 2021: 53

宮本尚子・飯塚和也・今野幸則・永野聡一郎・那須仁弥・織部雄一郎・竹田 宣明(2021) スギの人工交配における野外での溶液授粉の効果. 森林総合研究所研究報告 20(4): 311-322

斎藤真己(2022) 溶液受粉を用いた無花粉スギの省力的な種子生産. 森林遺伝育種 11(3): 112-117

政府広報オンライン(2023) 政府の花粉症対策3本柱. <https://www.gov-online.go.jp/tokusyu/kafunnsyuu/> (2024.3.25 参照)

林野庁(2023) 花粉の少ない苗木を植えよう. https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/kafun/hinsyu.html (2023.4.25 参照)