

ソルビタン脂肪酸エステルによるスギの雄花抑制 —高濃度薬剤散布での評価—

三宅智浩・椎野大二郎(日油)・中村博一(群馬県林試)・小塩海平(東農大)

要旨: 高圧散布機および通常の散布機を用いて, ソルビタン脂肪酸エステル(SEFA)原液, SEFA を主成分とする製剤(TS3Y-85R)原液, および TS3Y-85R の4倍希釈液を, 1~5mmの雄花が発現しているスギ3次枝の先端に散布した。ソルビタン脂肪酸エステル原液換算で散布面当たり1.6, 2.8 g/m²の散布条件における, 2.5か月後の雄花の枯死度(0~4の5段階評価)の平均値は, SEFA 原液で3.5, TS3Y-85R 原液で3.3, TS3Y-85R の4倍希釈液で2.7であり, 総じて75%程度の雄花の枯死誘導が確認された。同時に, 針葉に葉害は観察されなかった。一方, これらの高濃度散布における対地表面積あたりの散布量は, ソルビタン脂肪酸エステル原液で77または131 L/ha, 製剤原液で116または196 L/ha であり, 空中散布に適用可能な散布量であることが示された。

キーワード: スギ花粉, ソルビタン脂肪酸エステル, 雄花枯死, 空中散布

I. はじめに

スギ花粉症は, 春季のアレルギー疾患として大きな社会問題になっており, 花粉放散量の低減が対策として挙げられる。これまでに, 雄性不稔スギ(10)や少花粉スギ(5)が開発され, 花粉発生源対策として期待されている。また, アブシジン酸(3), マレイン酸ヒドラジドコリン塩(2), ウニコナゾール(9), トリネキサパックエチル(13)によるスギ雄花形成の抑制, スギ黒点枝枯病菌によるスギ雄花の枯死(8), 弱アルカリ水溶液による花粉の拡散抑制(4)が報告されている。

これまでに我々は, オレイン酸, リノール酸がスギの雄花を選択的に枯死させることを見出し(11), オレイン酸, リノール酸を有するサラダ油の15倍希釈液を960 L/haの条件で空中散布して, スギ雄花の枯死を確認した(6)。また我々は, 新たに糖脂肪酸誘導体の一つであるソルビタン脂肪酸エステル(以下, SEFA と記載)が, スギ雄花を選択的に枯死することを見出した(7)。

本報告では, SEFA の空中散布を考えるにあたり, 航空機材の効率的な運用が重要であることから, 薬剤の高濃度散布に関する検討を行なった。

ここで, SEFA および SEFA を主成分とする製剤(以下, TS3Y-85R と記載)は, 200~400cP と高粘度であるため, 通常の農薬散布で利用されている手動, 動力散布機, アトマイザー, スパウター等の散布機では, 均一に散布できない可能性が示唆された。そこで本検討では, 高粘度塗料等に用いられる高圧散布機を用いて, スギへの SEFA 原液および TS3Y-85R 原液の散布を行い, 高濃度で少量の散布が可能かを検証した。また, 通常の散布機で散布

可能な TS3Y-85R の4倍希釈液の散布を行い, スギにおける雄花枯死効果を比較した。

なお, SEFA は, 糖の一種であるソルビトールと脂肪酸を脱水することによって得られるエステル化合物で, 昭和30年に食品添加物に指定されている(12)。

II. 材料と方法

散布液は, SEFA 原液, TS3Y-85R 原液および TS3Y-85R の4倍希釈液の3種類を用いた。また, 高粘度対応の散布機として, 圧縮空気を使用する散布機(W-2001-1, アネスト岩田(株)製。以下, 散布機 I と略す)を, 通常の散布機としてハンドスプレー(ダイヤスプレー ヨーデル No.505, 株フルプラ製。以下, 散布機 II と略す)を用いた。

1. 散布量の定量 散布機 I では, 直径2.5mmの噴出口を選択し, 0.05MPa の圧縮空気圧を使用して, 噴出液量調節ネジを90° 開け, 噴出孔調節ネジを2回転開けた条件で, 噴出口から100cm 離れたターゲット(177cm², ろ紙)に向かって TS3Y-85R 原液を10秒間噴射し, ターゲットの重量変化から付着量を算出した。散布機 II では, 約1秒でレバーを引く条件で使用し, 噴出口から30cm 離れたターゲット(323cm², ろ紙)に向かって TS3Y-85R の希釈液を10噴きし, ターゲットの重量変化から付着量を算出した。

2. 平均粒径, 粒径分布の測定, 散布粒子の投影面積の算出 ザウター平均粒径と粒径分布の測定は, レーザー光散乱粒度分布測定装置(LDSA-1500A, 日機装(株)製)を用いて行った。なお, 噴出口から粒径測定面までの距離は, 散布機 I では100cm とし, 散布機 II では30cm とした。得られた粒度-頻度のデータより, 各粒径における投影面積を求め, 積算することで, 重量当りの

Tomohiro MIYAKE · Daijiro SHIINO (Oleo & Speciality Chem. Res. Lab. NOF Corp. 1-56, Ohama-cho, Amagasaki, Hyogo, 660-0095) · Hirokazu NAKAMURA (Gunma Pref. For. Lab.) · Kaihei KOSHIO (Tokyo Uni. of Arg.) Male flower control of *Cryptomeria japonica* by sorbitan ester of fatty acids —In case of spraying with undiluted agrochemicals or high concentration of agrochemicals—

表一. 供試木の詳細

固体 番号	ク ロ ン	樹 齢 (年)	胸高直 径(cm)	樹 高 (m)	花 芽 (mm)	着 花 度
1	桐生3	42	36	11	1-4	3
2	勢多2	42	32	11	2-5	4
3	桐生2	42	42	9.6	2-5	4

表二. 雄花着花度の評価基準 (I)

着花度	内容
0	無着花のもの
1	樹冠の一部あるいは全体に疎に着花するもの
2	樹冠の一部に密に着花するもの
3	樹冠全体に密に着花するもの
4	樹冠全体に著しく密に着花するもの

表三. 所定量を散布するための噴出時間と噴出回数

SEFA 換算散布量[g/m ²]	5.5	2.8	1.6	0.6	0
SEFA 原液[s]	9.8	4.9	2.9	1.1	
TS3Y-85R 原液[s]	14.7	7.3	4.3	1.6	0
TS3Y-85R の4倍希釈液[回]	3.1	1.5	0.9	0.3	

投影面積を求めた。さらに、この数値の逆数をとることで、液滴投影面積当りの薬液必要量を求めた。この量は、散布された液滴が付着後に広がらなくても、総ての表面を覆うことができる薬液量として考えることができる。

3. 高濃度薬剤のスギへの散布試験 試験地は、群馬県林業試験場林木育種場(群馬県渋川市横堀1566)で、供試木には表一に示す3本のスギを使用した。各処理区は、1~5mmの雄花が発現している3次枝の先端15cm程度とし、2009年9月24日に薬剤の散布を行った。なお、着花度は表二に従い、目視にて評価した。

SEFA 原液および TS3Y-85R 原液は散布機 I を用い、散布対象面から100cm離れたところから、噴出時間を変化させることにより所定量を散布した。散布量は、SEFA 量として5.5, 2.8, 1.6, 0.6 g/m²(散布対象面)になる様に設定した。一方、TS3Y-85R の4倍希釈液は、散布機 II を用い、散布対象面から30cm離れたところから散布し、同様の量を散布した。噴出時間および噴出回数を表三に示す。

効果の判定は、散布約1ヶ月後(2009年10月29日)および約2.5ヶ月後(2009年12月10日)に、表四、五の評価基準で行った。同時に、針葉への影響を目視にて評価した。

III. 結果と考察

1. 散布量の定量とスギへの散布量の設定 散布機 I, II を用いた時の散布量の定量結果を表六に示す。本検討における TS3Y-85R は、スギ雄花を枯死させる有効成分である SEFA を含む製剤であり、農薬登録上の地上散

表四. 雄花枯死度の評価基準

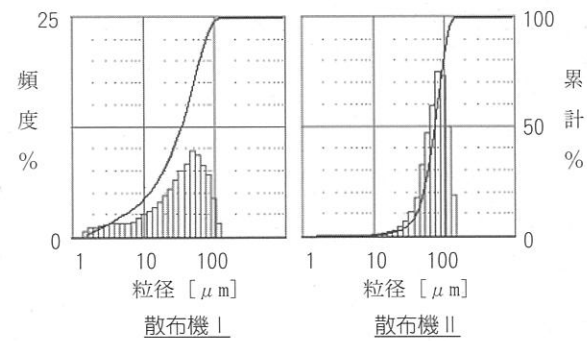
枯死度	内容
0	全く枯死しない。
1	雄花の25%未満が枯死
2	雄花の25以上~50%未満が枯死
3	雄花の50以上~75%未満が枯死
4	雄花の75以上~100%が枯死

表五. 雄花落蕾度の評価基準

落蕾度	内容
0	全く落蕾していない
1	雄花の25%未満が落蕾
2	雄花の25以上~50%未満が落蕾
3	雄花の50以上~75%未満が落蕾
4	雄花の75以上~100%が落蕾

表六. 散布量の定量結果

散布機	散布量
散布機 I	0.57 g/m ² /秒
散布機 II	11.5 g/m ² /1噴き



図一. 散布機から噴出した液滴の粒径分布

布の標準濃度としては、13倍、22倍希釈液での使用を想定している。散布量は希釈倍率に依存せず、散布対象が湿る程度の54 g/m²(散布対象面)を想定している。SEFA の付着量に換算すると、各々2.8, 1.6 g/m²(散布対象面)であることから、本検討の高濃度薬液のスギへの散布量としては、これらを含む、5.5, 2.8, 1.6, 0.6, 0 g/m²の5濃度に設定し、表六の結果からスギへの散布量を決定した(表三)。

2. 平均粒径, 粒径分布, および液滴投影面積当りの薬液必要量 散布機 I, 散布機 II から噴出した液滴の粒径分布を図一に、ザウター平均粒径, および粒径分布から計算した液滴投影面積当りの薬液必要量を表七に示す。なお、散布機 II の値は、握る圧力が変化することによるバラツキを考慮して3回測定し、平均±標準誤差で表した。

散布機 I から噴出した液滴の粒径は、ほぼ1~100 μm

表一七. 平均粒径と液滴投影面積当りの薬液必要量

散布機	ザウター平均粒径 [μm]	液滴投影面積当りの 薬液必要量[g/m^2]
散布機 I	14.4	10.5
散布機 II	66.2 \pm 1.4	48.9 \pm 0.3

表一八. 液滴投影面積当りの薬液必要量に対する散布量の割合

SEFA 換算散布量[g/m^2]	5.5	2.8	1.6	0.6
SEFA 原液	53%	26%	16%	6%
TS3Y-85R 原液	79%	40%	23%	9%
TS3Y-85R の 4 倍希釈液	68%	34%	20%	7%

表一九. 高濃度散布後のスギ雄花の枯死度と落蕾度

		クローン					桐生3					勢多2					桐生2				
		SEFA 換算散布量[g/m^2]					5.5	2.8	1.6	0.6	0.0	5.5	2.8	1.6	0.6	0.0	5.5	2.8	1.6	0.6	0.0
枯死度	1 月後	SEFA 原液	3.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		TS3Y-85R 原液	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		TS3Y-85R の 4 倍希釈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
度	2.5 月後	SEFA 原液	4	4	4	3	4	4	4	2	1	4	1	1							
		TS3Y-85R 原液	4	4	4	4	0	4	4	4	3	0	3	2	2	0	0				
		TS3Y-85R の 4 倍希釈	4	4	4	4		4	4	2	1		1	2	0	0					
落蕾度	1 月後	SEFA 原液	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		TS3Y-85R 原液	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		TS3Y-85R の 4 倍希釈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
度	2.5 月後	SEFA 原液	3	0	2	3	3	4	4	1	1	3	1	0							
		TS3Y-85R 原液	0	3	2	1	0	3	4	4	3	0	3	1	2	0	0				
		TS3Y-85R の 4 倍希釈	4	3	3	0		4	3	1	0		0	2	0	0					

と分布が広く、ザウター平均粒径は、14.4 μm であった。一方、散布機 II から噴出した液滴の粒径は、ほぼ10~100 μm で分布が狭く、ザウター平均粒径は66.2 \pm 1.4 μm であった。これらのことから、散布機 I を用いた散布では、散布機 II に比較して薄く散布液がコーティングされると考えられるが、液滴投影面積当りの薬液必要量もこの傾向と矛盾しない。

次に、表一八に、液滴投影面積当りの薬液必要量に対する実際に散布した量の割合を示す。表一八より、SEFA 原液、TS3Y-85R 原液、TS3Y-85R の4倍希釈液のいずれの散布においても、散布量は、液滴投影面積当りの薬液必要量にはおよばないことが判明した。しかしながら、その値は、ほぼ数十%のオーダーであることから、散布機から噴出した液滴が対象物に付着する際に伸展することで、完全な被覆も可能な範囲と考えられる。

3. スギ雄花への高濃度薬剤散布試験 枯死度と落蕾度の測定結果を表一九に示す。本検討における高濃度薬剤の散布約1ヵ月後の観察では、散布液の種類、散布方法の違いによらず、一部の処理区を除いて雄花の枯死が観察されなかった。一方、以前の検討では、TS3Y-85R の13倍および22倍希釈液を散布し、約1ヵ月後には、全ての処理区で枯死度1~4が確認された。この違いは、本検討の散布時期が、以前の検討よりも半月から一ヵ月半ほど遅かったために、散布時の雄花の大きさが比較的大きくな

っていたことに由来すると考えられる。具体的には、以前の検討では、2~3mm の雄花が大半を占めたのに対して、本検討では、4~5mm の雄花が大半を占めていた。なお、供試木の3本を比較しても、散布時の花芽が最も小さかった桐生3で、雄花の枯死が発現している。このことは、雄花が大きくなると、枯死効果の発現が遅くなるという以前の知見と矛盾しない。

一方、散布2.5ヶ月後には、散布液の種類によらず、全ての処理区で薬効として十分な雄花の枯死が観察された。散布量による枯死度を比較すると、クローンにも依存するが、散布量が多いと枯死度が高くなり、SEFA 換算散布量が2.8 g/m^2 で、ほぼ枯死度の極大に達することが判明した。この結果は、希釈液を用いた以前の知見と同様である。以上より、枯死度は、散布液の希釈率に依存せず、SEFA 換算散布量にのみ依存する事が示された。なお、2.8 g/m^2 は、農薬登録上の地上散布の上限濃度である、13倍希釈液に相当する。

ここで、表一八の値と、得られた枯死度を照らし合わせると、散布機から噴出した液滴は、雄花に付着する際に伸展し、完全被覆して枯死を誘導した可能性と、完全被覆せず必要量が雄花に到達して、枯死を誘導した可能性があるが、双方とも積極的に否定することができない。

次に、散布2.5ヶ月後の落蕾度を比較すると、桐生3と勢多2の枯死度は、比較的類似して高いにもかかわらず、落

表-10. 対地表面積当りの薬剤散布量[L/ha]

	地上散布	地上散布
	13倍希釈液 散布相当量	22倍希釈液 散布相当量
SEFA 換算散布量[g/m ²]	2.8	1.6
SEFA 原液	131	77
TS3Y-85R 原液	196	116
TS3Y-85R の4倍希釈液	785	464

蕾度は勢多2の方が高くなる傾向が観察された。薬剤を散布していないスギ林を4月以降に観察すると、花粉を放出し終えた雄花が残存しているクローンほど、雄花の残存数が多くなるのがわかり、散布2.5ヵ月後の落蕾度は、薬効の指標として不適當であることが判明した。

次に、針葉への影響を目視にて調査した結果、総ての処理区で無散布区との差は見られず、針葉への被害は観察されなかった。TS3Y-85R の13倍および22倍希釈液を用いた以前の検討では、希釈液を湿る程度に散布していることから、薬剤は乾燥して雄花上に均一に塗布されていると考えられる。一方、本検討においては、薬剤は雄花上に比較的均一に薄く塗布されていると考えられることから、塗布された状態は類似し、結果として、高濃度散布したことによる被害が起こらなかったと考える事ができる。

以上より、本検討の高濃度散布は、雄花の枯死誘導に有効であることが示された。

表-10に SEFA の使用量を、地上散布の標準量にした場合の対地表面積当りの高濃度薬剤散布量を示す。ここで、SEFA を77または131 L/ha、TS3Y-85R を116または196 L/ha 散布する条件は、以前の検討で行った空中散布量960 L/ha(6)よりも十分少ない。また、マツノマダラカミキリ防除の空中散布量8~240 L/haと比較して、そんなことから、空中散布に適用可能な散布量であることが確認された。

高圧散布機を使用するにあたり、多大な御助言をくださった大島広大氏と、スギへの散布試験を行うに当たって御助力をくださった星野敏昭氏に、深く感謝いたします。

引用文献

(1) 橋詰隼人 (1990) 日本列島におけるスギ林の着花状況. 鳥大農研報 43: 21-30.

(2) 橋詰隼人・山本福壽 (1992) マレイン酸ヒドラジドコリン塩(エルノー)によるスギ雄花の着花抑制. 鳥取大学農学部演習林研究報告 21: 51-61.

(3) 本間環, 太田保夫, 右田一雄 (1991) 13. ジベレリンとアブシジン酸がスギ苗木の生長と花芽形成に及ぼす効果. 植物の化学調節 26: 220.

(4) ISHII, K., HAMAMOTO, H. and SEKIMIZU, K. (2007) A novel method to suppress the dispersal of Japanese cedar pollen by inducing morphologic changes with weak alkaline solutions. Drug Discoveries and Therapeutics 1: 124-129.

(5) 近藤禎二 (1997) 花粉の少ないスギ精英樹. 林木の育種 183: 7-9.

(6) KOSHIO, K., TAKAHASHI, H. and OTA, Y. (2000) Field trial of salad oil application for the induction of male flower browning of *Cryptomeria japonica*. J. For. Res. 5: 77-80.

(7) 小塩海平, 山仲藍子, 嶋田昌彦, 椎野太二郎, 鶴岡邦昭, 柴山俊朗, オレイン酸誘導体非イオン系界面活性剤がスギ雄花の褐変に及ぼす影響. 日本森林学会誌 accepted.

(8) 窪野高徳, 市原優, 五十嵐正徳 (2007) 糸状菌を用いたスギ花粉飛散抑制の試み. 日本森林学会大会講演集 118: P2i23.

(9) 長尾精文 (1993) スギ・ヒノキ等の着花抑制技術の開発. 平成4年度森林総合研究所成果選集 1993: 50-51.

(10) SAITO, M., TAIRA, H. and FURUTA, Y. (1998) Cytological and genetical studies on male sterility in *Cryptomeria japonica* D. Don. J. For. Res. 3: 167-173.

(11) 高橋久光, 小塩海平, 太田保夫 (1992) 脂肪酸がスギ花粉の生理活性に及ぼす影響. 植物化学調節学会第27回大会研究発表記録集 27: 60-61.

(12) 谷村顕雄, 棚元憲一 (2007) 食品添加物公定書解説書第8版 広川書店, 東京: D1035-1039.

(13) Tamaki Honma (2003) An approach for the conquest of the sugi pollinosis using plant growth regulation. Biol. Sci. in Space 17: 48-50.