

野外採種園における頂芽へのBAPペースト処理によるアカマツ、クロマツの雌性花序誘導

涌 嶋 智

涌嶋 智：野外採種園における頂芽へのBAPペースト処理によるアカマツ・クロマツの雌性花序誘導，広島県林技セ研報31：1～8，1999。アカマツ，クロマツの着花結実促進のために，サイトカイニン系の植物成長調節物質であるBAPのペースト処理を野外の採種園で実施した。ペーストは水とラノリンを1：1（v/v）で混合し，BAP濃度は1000（アカマツのみ），2000mg/ℓ（アカマツ及びクロマツ）とした。処理日は1997年の8/29，9/4，9/11，9/18，9/26，10/3の6段階で，使い捨て注射器を用いてペーストを頂芽に約2mlずつ塗布した。翌98年5月上旬に観察したところ，伸長した当年枝下部に多数の雌性・両性花序が着生していた。アカマツ，クロマツとも9/11の2000mg/ℓ処理で着生数が最大となり，アカマツでは処理枝213本中76本に合計327個の雌性・両性花序が着生し（1.54個/処理枝），クロマツでは251本中130本に832個が着生していた（3.31個/処理枝）。この結果から，BAPペースト処理によるマツの着花結実促進は特にクロマツにおいて有効であることが明らかになった。

〔キーワード〕

アカマツ，クロマツ，着花結実促進，BAP，採種園，花性転換

1. はじめに

マツ類は林業上有用な樹種の一つであり，世界各地で種苗生産が行われている。マツ類への着花促進処理は種苗生産の基になる技術として，多くの研究者によって取り組まれてきた。特に低極性のジベレリン（GA₁₉）を用いた処理によって多くの着花促進の成功例が報告されている^{1)。}しかしながら，スギ類やヒノキ類のように劇的に種子生産量が増大した例はなく，その効果も種やクローン，個体，あるいは年によってかなりの差があった。

筆者らはジベレリンではなく，サイトカイニン系の成長調節物質であるBAPを用いたマツの着花結実促進を行ってきた。涌嶋ら^{5, 6)}はマツの花序分化期にBAPを頂芽に処理すれば，通常なら雄性花序へと分化する側生の花序が花性転換を起こして雌性花序になることを報告した。側生の花序は通常頂生の雌性花序の10～100倍の着生数があり^{5, 6)}，この側生の花序を雌性花序へと転換できるようになれば，劇的な種子生産量の向上とともに豊凶差の小さい安定的な種子生産が期待できる。温室内での試験では，樹高約1.3mの接ぎ木マツクローンに処理した結果，処理枝1本当たり雌性花序を約4個（両性花序を含めれば約8個）誘導することができた。この場合1個体当たり平均約90個（最大180個）の雌性・両性花序

が着生していた^{7)。}

しかしながら，上記の試験はいずれも温室内の閉鎖環境内で実施したものであったため，BAPを用いた着花促進処理の次の段階として，野外での実用的な手法を開発する必要があった。そこで，ビニール袋による被覆処理や処理液を泡状にして処理する方法（ムース処理）を試みたが，いずれも処理手順が煩雑であったり，着花効率が悪かったため，実用的ではなかった^{7, 8)。}また，スプレー散布やムース処理では野外で実施した場合に，降雨や結露で薬剤が希釈・流亡する可能性があった。そこで，処理の基材としてラノリンを用いたペースト処理（BAP濃度：500mg/ℓ，処理量5ml/枝）を行った。ラノリンペーストは薬剤の流亡が他の処理法に比べて少なく，作業性も良好であった。しかし，ペースト処理は温室内では良好な着花効率を示したが，野外の採種園で予備的に処理を実施した（9月下旬～10月中旬）ところ，十分な効果は観察されなかった^{7)。}

その原因として，1）温室内と野外採種園での最適処理時期にズレがあり，もっと早期の処理が必要であった，2）処理濃度が適切でなかった，の2つが考えられた^{7)。}そこで今回は処理時期を早めて8月下旬～10月上旬とし，BAPの処理濃度も1000と2000mg/ℓを使用して，野外採種園でのラノリンペースト処理の最適処理条件を調査した。

2. 材料と方法

2.1 処理対象

全ての実験は広島県庄原市川西町庄原抵抗性マツ採種園(北緯34度65分, 東経133度04分, 標高330-360m)で実施した。処理対象としたのはアカマツ6クローン23個体およびクロマツ4クローン20個体である。これらのクローン個体はいずれも1986年に接ぎ木を実施し, 1988年

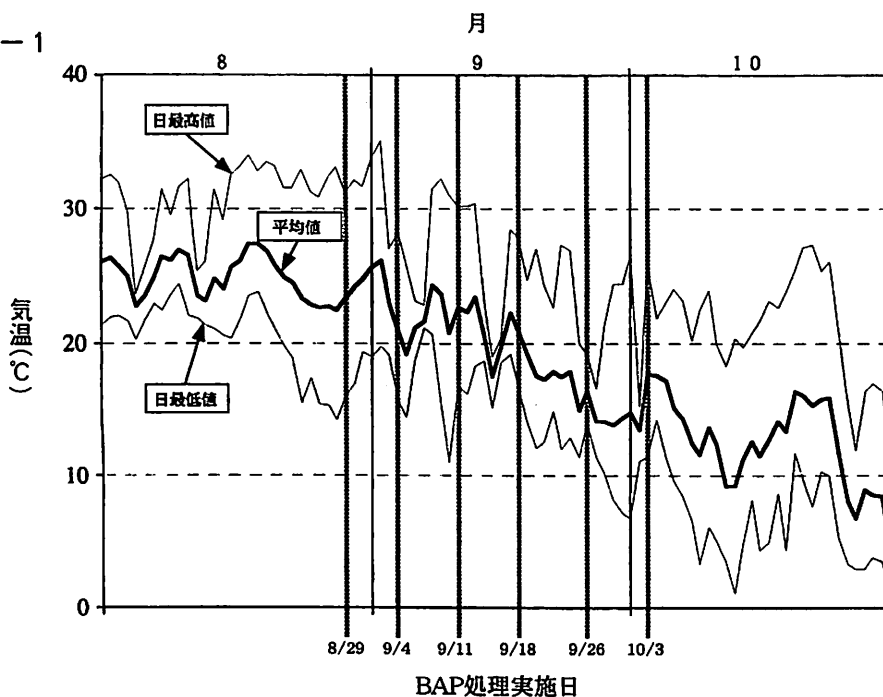
3月に採種園に移植した。その後, 1996年に主幹を3mで切除したため, 現在の樹高は4~5mとなっている。これらの個体の手の届く範囲の枝(約2m以下)のうち, 強勢な枝や被陰された弱勢な枝を除いた中からランダムに選び, 処理対象枝とした。処理したクローン, 個体数, 枝数は表-1に示す。なお, 対照区として, 処理対象とした枝と同じ部分(約2m以下)の枝を設定した。

表-1 処理した枝数

クローン名	BAP濃度	個体数	8月29日	9月4日	9月11日	9月18日	9月26日	10月3日	対照区*
アカマツ備前21号	1000	6	44	44	44	46	42	37	95
	2000	6	42	43	42	42	43	38	—
アカマツ備前66号	1000	1	11	12	13	12	13	10	23
	2000	1	11	9	10	11	9	11	—
アカマツ備前137号	1000	4	39	40	41	38	39	36	80
	2000	4	38	40	39	40	39	38	—
アカマツ備前150号	1000	5	52	57	57	53	58	54	92
	2000	5	54	52	56	56	52	49	—
アカマツ岡山85号	1000	4	42	41	39	40	38	41	72
	2000	4	43	40	44	42	42	40	—
アカマツ真備58号	1000	3	21	22	24	24	22	19	47
	2000	3	25	26	26	25	26	24	—
クロマツ波方37号	2000	5	—	48	51	61	36	46	43
クロマツ波方73号	2000	5	—	52	66	61	31	42	41
クロマツ津屋崎50号	2000	5	—	75	58	45	30	53	42
クロマツ大分8号	2000	5	—	66	76	44	32	50	44
アカマツ合計	1000	23	209(9)	216(3)	218(6)	213(5)	212(2)	197(3)	409(0)
	2000	23	213(9)	210(7)	217(4)	216(1)	211(3)	200(8)	—
クロマツ合計	2000	20	—	241(1)	251(0)	211(0)	129(0)	191(0)	170(0)
処理枝数小計			422	667	686	640	552	588	579
			処理枝数総計 3,555(61)						

注:()内は折損・枯死した枝数

図-1



2.2 BAPペーストの調製

BAP溶液はBAP(和光純薬)1gに対して15mlの1MKOHに溶かし, 2000mg/lまたは4000mg/lに希釈して調製した。精製ラノリン(フヂミ製作所)は一旦約60℃の湯煎で溶かし, 等量のBAP溶液を混合した。このとき, ラノリンとBAP溶液が分離するので, 約40℃で湯煎をしながらゆっくりと混合すると, 白色のペーストとなる。最終的なペーストのBAP濃度は1000または2000mg/lとした。

このペーストを使い捨てプラスチック注射器(容量50ml)に充填して処理に使用した。ペーストは処理当日に作成し、一日で使い切った。

2.3 ペースト処理の方法

BAP処理は六段階のステージ、1997年の8/29, 9/4,

9/11, 9/18, 9/26, 10/3(クロマツでは8/29を除く五段階)で実施した。注射器に入れたBAPペーストを設定した枝の先端部の頂芽全体を隙間無く覆うように塗り付けた(写真-1, 2)。処理回数は1回のみとし、処理量は1枝あたり約2mlとした。また、花序の着生にKOHの影響は無いため^{6, 9)}、対照区は無処理とした。



写真-1 BAP処理状況1



写真-2 BAP処理状況2

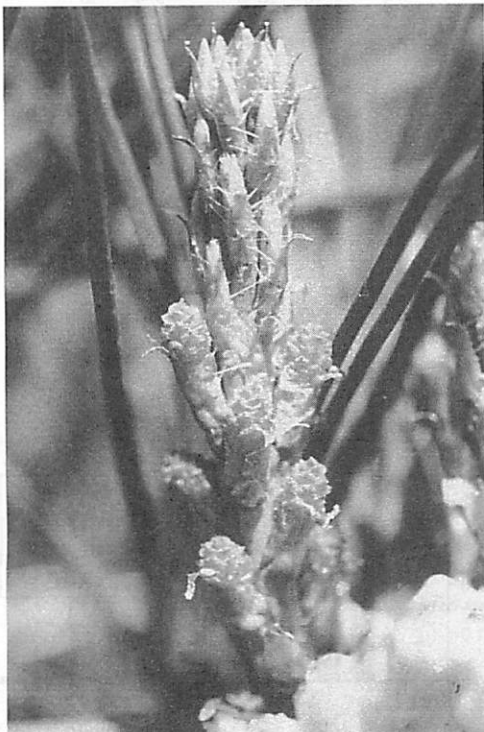


写真-3 アカマツ雌性花序着生状況

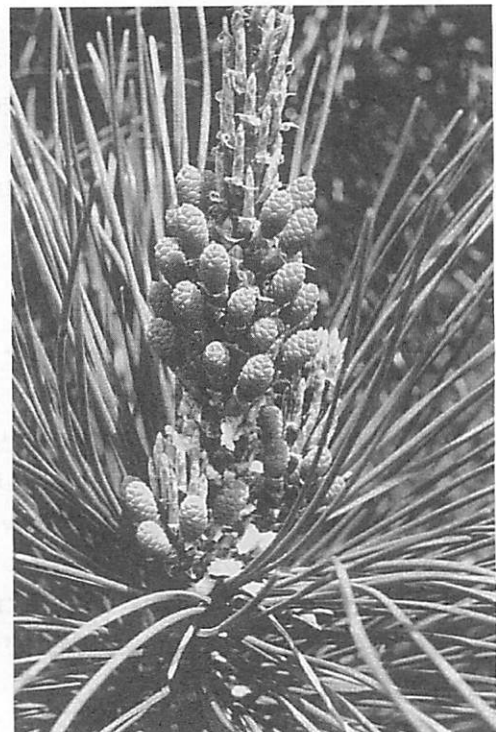


写真-4 クロマツ雌性花序着生状況

2. 4 気温の測定

採種園の気温を採種園内に設置した百葉箱のデジタル温度計 (Thermo-Recorder RS-10, タバイエスベック株式会社) で測定した。測定開始は1997年8月1日で、同年11月1日に測定を終了した。測定間隔は30分ごととし、日平均気温は毎正時24回の平均値、日最高・最低気温は0時~24時の30分毎の任意時刻の最高・最低の値とした。日平均気温と日最高・最低気温の推移を図一1に示す。

2. 5 花序数測定

処理翌年の4月に処理した枝から当年枝と花序が発生したので、その数を5月上旬に測定した。発生した花序は当年枝の先端部についた頂生の雌花、当年枝の下部についた側生の雌花、両性花 (雌の比率が50%以上のもの: タイプI, および50%以下のもの: タイプII), 雄花に分類して行った。

3. 結果

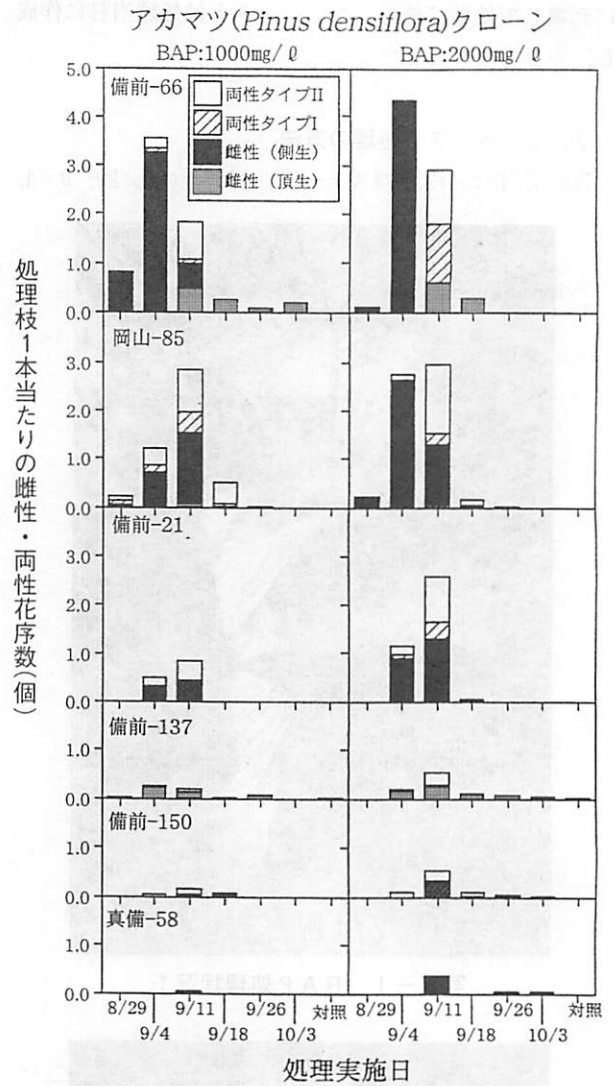
3. 1 花序の着生数 (アカマツ)

アカマツの花序の着生状況を写真一3に、アカマツ6クローンにおける処理枝1本あたりの雌性・両性花序の着生数を図一2に示す。花序の着生数はクローンにより大きな差があり、処理効果が顕著に顕れるクローン (備前66, 岡山85, 備前21) がある一方で、効果がほとんど認められないクローン (備前137, 備前150, 真備58) もあった。雌性・両性花序着生数が最大となったのはクローン・BAP濃度により若干の差があるものの、9/4ないし9/11であった。濃度別については、2000mg/ℓの方がより多くの花序数を誘導していた。対照区は樹冠の下部 (2m以下) ということもあり、雌性花序の着生数はきわめて少なく、備前137で頂生の雌性花序が1個着生しただけであった。

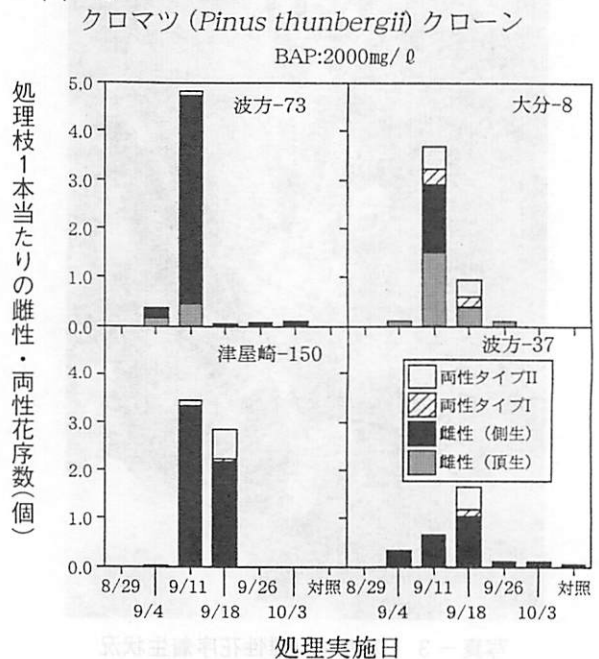
3. 2 花序の着生数 (クロマツ)

クロマツの花序の着生状況を写真一4に、クロマツ4クローンの雌性・両性花序の着生数を図3に示す。クロマツもアカマツと同様にクローンにより着生量に差があったが、その数はアカマツより多く、4.9~1.8個/処理枝であった。着生数が最大となったのは9/11で、続いて9/18となっており、アカマツの最大花序着生時期よりやや遅い傾向があった。対照区ではアカマツと同様に雌性花序の着生数は少なく、波方37で頂生の雌性花序が2個着生しただけであった。

図一2



図一3



3. 3 処理枝の枯損

BAP処理をした枝3,555本のうち、翌5月までに枯損した枝数は61本で、全体の1.7%であった。これらのほとんどは被陰による枯損や風雪による折損で、BAPペースト処理の薬害による枯損は特に観察されなかった。

4. 考 察

クロマツについては、実用的といえるレベルで着花促進が可能となった。今回の最適処理条件(9/11, 2000 mg/ℓ)で、処理した枝251本のうち130本(52%)で832個の雌性・両性花序が得られた。ちなみに、今回試験を行った採種園内の処理対象としたクロンの平成10年11月に得られた無処理の通常の球果数は、個体当たり平均27.2個(クロマツ)、28.4個(アカマツ)であり(未発表データ)、これと比較すると、クロマツに対するBAP処理はきわめて有効な着花結実促進法であるといえる。さらに、BAP処理を行ったのは通常雌性花序が着生しにくい樹冠の下部であり、ここで多くの球果が得られるということになれば、無処理で得られる球果に上乘せ分として加算できる。アカマツについてはクロマツほどの劇的な増加は見られず、さらにクローン間差も大きかったため、今後はアカマツに対して有効な方法を開発する必要がある。

BAPの処理形態については、今回はペースト処理ということで、ラノリンと水を1:1で混合したものを基材として用いたが、基材がラノリンだけでは注射器への充填や頂芽への塗布処理を行うのにペーストがやや固く、時として充填が困難であったり、頂芽へ塗布しても十分に展着しない場合があった。したがって、操作性や展着性を高めるためにはもう少し粘度の低いペーストにする必要があると考えられる。

また、頂芽へ外から塗布する処理だけでなく、ジベレリンで多く試みられているように、樹幹への注入処理や剥皮塗布処理を行う必要がある。これの利点として1) 1個体当たりの処理量を減らせるのでコスト減になる、2) 処理点数を大幅に減らし作業効率を高めることができる、3) BAPが作用点に内部から直接作用することにより花序の着生効率が向上する、などが期待できるので、今後実施する予定である。

BAPの施用方法以上に重要なのはBAPの処理時期であるが、最適施用時期をあらかじめ知るのはいわゆる困難である。今回で2年続けて処理時期と気温・湿度について調査したが、明確な処理適期を明らかにすることはできなかった。気温だけでは最適処理時期を確定するの

は難しいと思われる。今後は環境条件の測定と平行して、処理時期前後の頂芽の外部形態や内部器官の成熟状況などを調査する必要がある。

そのほか、BAP処理の効果を十分に顕わすためには、頂芽内部での多数の雄性花序原基の形成が不可欠である。従って、BAP処理の付随的な処理として、雄花原基の着生を促進するために、枝の剪定を実施して十分に日光が当たるようにする、枝数を増やすなどの物理的な方法のほか、施肥、春～初夏頃のジベレリン処理などが有効ではないかと考えられる。

日本では現在マツノザイセンチュウによるマツ枯れが集団的に発生し、その被害材積は年に100万m³を超え、きわめて重大な問題となっている。その中で育種的な対策としての抵抗性マツは重要な位置を占めており、現在、種苗の大量生産が急務である。BAPによる着花促進処理は育種的に、また種苗の生産という面からみても有用であり、今後の実用化とマニュアル化、そして一般への普及が待たれるところである。

今後は種子の充実度や発芽率、得られた種苗の抵抗性検定などについて調査を継続して行く必要がある。

5. まとめ

- ・採種園におけるラノリンペースト処理の最適施用時期はアカマツが9/4ないし9/11、クロマツが9/11ないし9/18であった。
- ・BAP濃度は1000mg/ℓより2000mg/ℓの方が効果的であった。
- ・最適条件下で、クロマツでは処理枝当たり平均3.31個、アカマツでは平均1.54個の雌性・両性花序が得られた。

6. 引用文献

- 1) Pharis, R.P. and Kuo, G.C. (1977) Physiology of gibberellins in conifers. Can. J. For. Res. 7, 299~325.
- 2) Bonnet-Masimbert, M. (1987) Floral induction in conifers: a review of available techniques. Forest Ecology and Management 19:135~146.
- 3) Kanekawa, T. and Katsuta, M. (1982) Promotion of strobilus production in *Pinus thunbergii* Parl. and *P. densiflora* Sieb. et Zucc. by gibberellin. J. Jpn. For. Soc. 64, 101~106.
- 4) 橋詰隼人(1985) マツ科樹種の着花促進に対するジベレリンの効果. 鳥大農研報37, 80~87.

- 5) Wakushima S., Yoshioka H. and Sakurai N.
(1996) Lateral female strobili production in a Japanese red pine (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) clone by exogenous cytokinin application. J. For. Res. 1(3):143-148
- 6) Wakushima S., Yoshioka H. and Sakurai N.
(1997) Promotion of lateral female strobili production in *Pinus densiflora* by cytokinin application at a specific stage. J. For. Res. 2:51-57
- 7) 涌嶋 智・吉岡 寿 (1998) マツノザイセンチュウ抵抗性マツの種子大量生産技術の開発—ホルモン剤の処理方法と着花促進効果—, 広島県林技セ研報30号: 1-12.
- 8) 涌嶋 智・吉岡 寿 (1997) アカマツクローンへのBAP処理による雌性花序の着生・—ビニール袋被覆による実用手法の試み—, 林木の育種特別号1997: 1-4.
- 9) 涌嶋 智・吉岡 寿 (1996) アカマツクローンへのBAP処理による雌性花序の着生・(予報), 林木の育種特別号1996: 25-27.

Promotion of female flowering in Japanese red pine (*Pinus densiflora*) and black pine (*P. thunbergii*) by 6-benzylaminopurine paste treatment to terminal bud in seed orchard.

WAKUSHIMA, Satoru

Summary

BAP (6-benzylaminopurine) was applied to six Japanese red pine clones and four black pine clones by lanolin paste treatment at two concentrations (1000 and 2000 mg/l) for promotion of female flowering in seed orchard. Lanolin paste (mixed ratio of lanolin with water = 1 : 1) , 2ml per bud, was applied once to terminal buds of pine trees by plastic syringe at Aug. 29, Sep. 4, Sep. 11, Sep. 18, Sep. 26 and Oct. 3, 1997. In early May 1998, lateral female and bisexual strobili were produced in the lower part of new shoots flushed from the lanolin-treated terminal buds. Lanolin paste treatment at 2000 mg/l in Sep. 11 maximized the production of female and bisexual strobili in both red and black pine. In such treatment, production of female and bisexual strobili was 327 (red pine) and 832 (black pine), and they occurred in 213 (red) and 251 (black) lanolin-treated terminal bud, respectively. These results indicate that BAP application by the lanolin paste is useful for the promotion of female flowering in *Pinaceae* species at practical level in the seed orchard, especially in black pine.

[Key words]

Pinus densiflora, *Pinus thunbergii*, promotion of flowering, BAP, Seed orchard, sex conversion