

エチレン生成阻害蛋白によるブドウ巨峰の 脱粒防止の効果について

酒井 慎吾・馬場 勉・太田 保夫*

エチレンは果実の成熟促進のほか、落葉、落果、葉緑素の分解、花卉の萎凋・褪色および落下、切り花の貯蔵力の減退など器官の老化促進、上偏生長、茎の伸長生長の阻害、茎の膨大化、すう地性の消失、球根や切り枝の休眠打破、側芽の発生、根の伸長阻害、植物体の発根促進や根毛の発生、開花の促進など植物に広汎な影響をおよぼしている (Burg 1962, Pratt and Goeschl 1969, Abeles 1972, 1973).

これらの作用のうちには、果実の成熟促進などのように農業面で利用されているものもあるが、農業面から見た場合、好ましくない作用が多く、果実や作物の栽培・貯蔵の面で大きな問題を生じている。

エチレン生成阻害蛋白は Sakai and Imaseki (1973 a, b) が黄化ヤエナリ下胚軸から初めて分離・精製した蛋白である。Sakai (1975 b) はその後の研究で、同じ作用をもつ蛋白質がヤエナリ種子をはじめ、アズキ、ダイズ、エンドウ、インゲン、ソラマメ種子にも含まれていることを明らかにし、ヤエナリ種子から分子量 89,000 のエチレン生成阻害蛋白を分離・精製した (Sakai 1976)。

ブドウ巨峰は果実が巨大であり、糖度が高く、品質が良好であるなど優れた特長をもつが、いっぽう脱粒しやすく、収穫後、市場に出まわるまでにかかなりの量が脱粒して商品価値がさがる欠点がある (恒谷 1973)。ブドウの落果、脱粒にはエチレンの関与することが指摘されているが (Weaver *et al.* 1969, 鈴木・中沢 1973)、太田ら (未発表) は長野産巨峰を用いて脱粒に対するエチレンの関与と、エチレン生成阻害蛋白によるその脱粒の防止の可能性を認めた。

したがって岡山県産の巨峰について、エチレン生成阻害蛋白の脱粒防止の効果を明らかにするために貯蔵温度を異にする条件の下で実験を行なった。その結果、巨峰の果実の脱粒がエチレン生成阻害蛋白によって顕著に抑制されることを明確にすることができたので報告する。

本研究に当り、有益な助言を頂いた名古屋大学今関英雅博士、供試材料の入手など研究に御援助を頂いた岡山大学島村和夫教授ならびに実験に援助された中川恭二郎博士の御好意に感謝するとともに実験に協力した田辺佳代子氏に感謝する。

実 験 方 法

供試した巨峰は昭和 51 年 9 月 22 日岡山県井原市青野にあるブドウ園で収穫し、その日

* 農林省農業技術研究所

に脱粒防止の処理を行なった。実験に用いたブドウの1房あたり粒数は、41~58粒で、平均48粒であった。

この実験に用いた部分的に精製したエチレン生成阻害蛋白は既報 (Sakai 1976) にしたがってヤエナリ種子粉末から抽出し、硫酸分画を行なって得た。使用に際しては50 mM リン酸緩衝液 (pH 5.6) に対して一晚透析し、沈澱物を遠心分離で除き、エチレン生成阻害蛋白の比活性を40 units/2.5 mg 蛋白質/ml として用いた。

8房ずつ対照区とエチレン生成阻害蛋白処理区 (蛋白処理区) に分け、対照区の房は50 mM リン酸緩衝液 (pH 6.8) に、また蛋白処理区の房は、部分的に精製したエチレン生成阻害蛋白を含む同緩衝液に、それぞれ20分ずつ浸せきし、濾紙の上で付着液を乾かした。その後、各房を1房ずつ通気孔のついたポリエチレン製の袋に入れ、各処理区の房を4房ずつ室温 (20~25°C, 湿度62%) および低温 (4°C, 湿度94%) で貯蔵した。

ブドウの脱粒測定に際しては、各房を上下に30回ゆすり、落下した粒数を数えて、1房あたりの粒数に対する脱粒数を%で表示した。脱粒測定は経時的に行ない、各区の脱粒%は4房の平均であらわした。

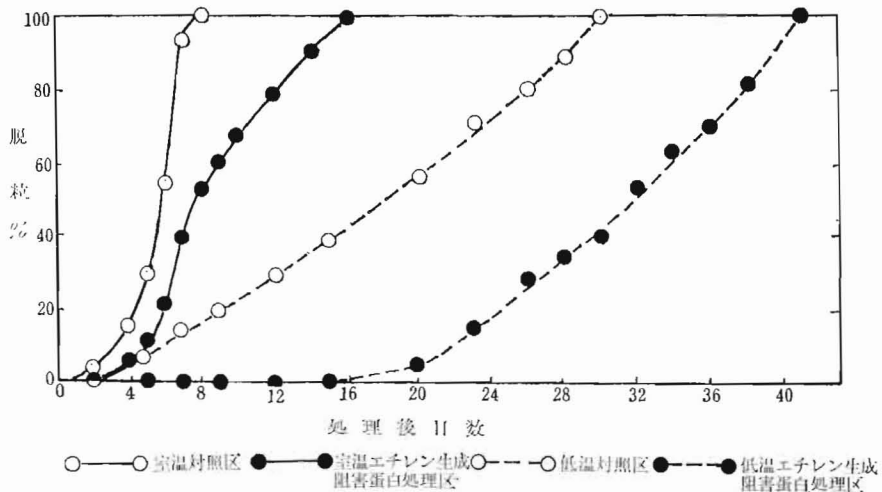
実験結果

(1) 室温条件での脱粒

室温で貯蔵した場合、第1図のように対照区では収穫2日目から脱粒がおきはじめ、4日目以降からその割合も急激に増加し、8日目には完全に脱粒した。蛋白処理区では、その割合も対照区にくらべて少なく、完全に脱粒するまでには16日間を要し、対照区にくらべると8日間遅れた。

(2) 低温条件での脱粒

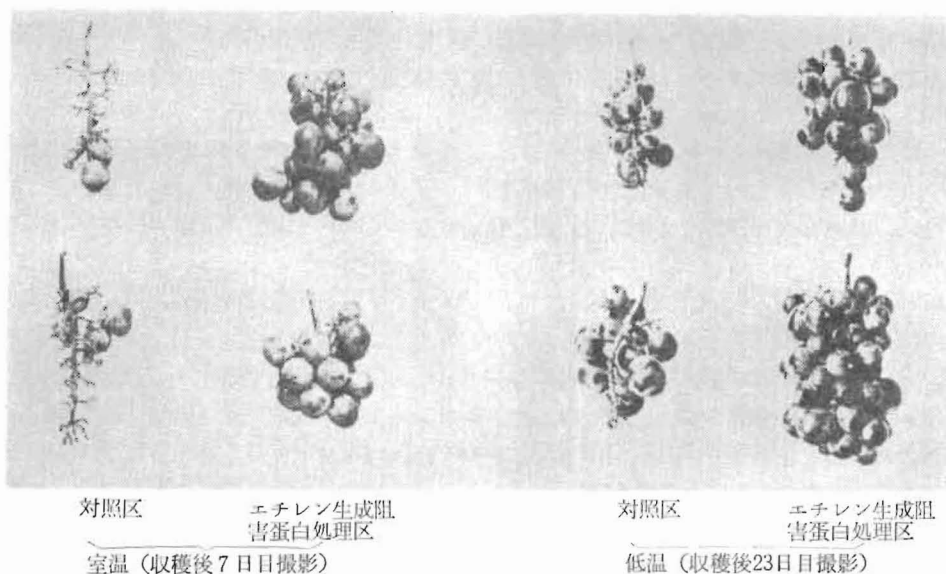
低温で貯蔵した場合は、第1図のように対照区においても収穫後2日目ではまだ脱粒が



第1図 貯蔵温度を異にせる場合のエチレン生成阻害蛋白によるブドウ巨峰の脱粒防止効果

おこらない。4日目ごろから脱粒がおきはじめるが、その割合は室温条件にくらべると、はるかに低くなっている。その後脱粒の割合はほぼ一定しており、直線的に脱粒%が増加していき、完全に脱粒するまでには30日間を要した。この日数は、室温条件での対照区より22日、処理区より14日長かった。

エチレン生成阻害蛋白の処理区では、収穫後20日間はほとんど脱粒がおきなかった。20日以降はほぼ一定の割合で脱粒しはじめ、完全に脱粒するまでに42日間を要した。この日数は室温区より12日も長かった。なお病菌の発生は室温、低温両区ともに認められなかった。



第2図 貯蔵温度を異にする場合のエチレン生成阻害蛋白によるブドウ巨峰の脱粒防止効果

以上の結果から、脱粒しやすい巨峰にエチレン生成阻害蛋白を処理して低温(4°C)で貯蔵することにより、収穫後20日間脱粒を防止できることがわかった。第2図に、室温条件および低温条件での脱粒の様子を示しておく。

(3) 部分的に精製したエチレン生成阻害蛋白の特長

この実験に用いたエチレン生成阻害蛋白には、阻害活性に影響をおよぼさない粘性物質が含まれている。この粘性物質が展着剤の作用をして、果粒にエチレン生成阻害蛋白を含む溶液が完全に付着することがわかった。

(4) 食 味

低温(4°C)で貯蔵したブドウの脱粒したものについて食味をしらべた。無処理区については、収穫後20日目ぐらいに脱粒したものは食することができた。しかし、それ以降に脱粒したものは、麦皮が乾燥したり、酸敗したりしたものが多かった。一方、エチレン生成阻害蛋白を処理したものについては、収穫後35日を過ぎたものでも外形は収穫前と

あまり変わらず、甘味は高くなっているように感じられた。

この結果から、エチレン生成阻害蛋白はブドウ（巨峰）の脱粒防止のみならず、鮮度保持にも役立っていると考えられる。

考 察

Weaver and Pool (1969) はエスレルがブドウの落果を促進することを認め、鈴木・中沢 (1973) は、ブドウに対するエチレン処理は果実の熟成効果はないが、果帯部分の離層形成を促して著しい果実の離脱（脱粒）を誘起することを認めた。この際デラウエアではジベレリンによる種なし処理の有無にかかわらず、果実の離脱が大きく、ベリーAも離脱を起すが、ネオマスカットおよび甲州、ことに長期貯蔵のきく甲州では離脱が少ないという。

一般にブドウはエチレンの発生は多くない。すなわち Coombe and Hall (1973) はブドウ (Doradillo) はエチレン濃度が高くなく、成熟に至るとその濃度はかなり低くなるという、鈴木ら (1975) もブドウは植物の種類のうちではエチレンの発生の少ない植物とした。

Inaba *et al.* (1976) もデラウエアにつき、エチレンの発生量は開花期に最も高いが、その後減少して一定となり、成熟期でもほとんど増加しないことを認めた。太田ら（未発表）は、収穫後の巨峰果実を密閉容器に貯蔵すると果実から発生するエチレンが容器内に蓄積して脱粒が促されるが、他方、容器内のエチレンを過塩素酸水銀で除去すると脱粒が軽減されることを認めた。したがって脱粒しやすい巨峰では収穫後もある程度エチレンが発生し、脱粒が誘起されると推測される。このことはエチレン生成阻害蛋白によって巨峰果実の脱粒が抑制されることによっても裏づけられる。

ブドウの花ぶるい、落果、脱粒の防止に関しては、Weaver *et al.* (1965, 66) はサイトカイニン類が着果と果粒の肥大に効果のあること、三好ら (1965) は、B-995が、中田 (1966, 69)、三好ら (1969) や Chundawat *et al.* (1971)、Naito *et al.* (1974 b) はBナインが巨峰の花ぶるい防止や着果の増加に効果のあることを認めた。

Madalgatti (1970) は、落果しやすいブドウ Anab-e-Shabi の収穫1週間前にベンジルアデニン（サイトカイニン）を散布すると落果や脱粒が減少することを報告し、Naito *et al.* (1974 a) はデラウエアで、ジベレリンにベンジルアデニンを混用すると着粒密度や果穂重の増加が大きいことを認め、最近ではこの混用法が薬剤処理適期幅の拡大の利点も加わって、施設栽培や軽しょう土地帯で実用化しはじめている（岸 1976 a, b）。

しかし収穫後の巨峰果実の脱粒防止に有効な化学物質は現在までに知られていない。

本研究で、エチレン生成阻害蛋白液に収穫後の巨峰果実を浸漬すると脱粒が著しく抑制されることを明らかにし、さらにこの処理が果実の鮮度保持の効果のあることも認めた。

最近巨峰は、脱粒防止と鮮度保持のために一部で低温貯蔵が行なわれているが、本研究で、エチレン生成阻害蛋白処理と低温処理を併用すると、脱粒しないで、鮮度も保持される期間をさらに延長できることがわかった。

なお鈴木・中沢 (1973) はエチレン以外のホルモンの影響について、GA, IAA もデラウエア果実の離脱に対してはエチレンについて有効であるが、カイネチンはまったく効果

がなく、また蛋白合成阻害剤 cycloheximide もいく分エチレンによる果実の離脱の影響を阻害することを認めた。

Coombe and Hall (1973) はブドウ (Doradillo) の果実の ABA 含量は成熟とともに増加し、CEPA (エスレル) や BTOA (benzothiozole-2-oxyacetic acid) が ABA レベルに及ぼす影響はこれらの薬剤が成熟に及ぼす影響と関係が深いことを認めた。

最近 Inaba *et al.* は無核デラウエア果実の成熟に対して GA, BA (ベンジルアデニン) は発育の I, III 期では成熟にほとんど影響がなく、第 II 期ではわずかに成熟を抑制した。オーキシンは成熟を遅延させるが、ABA は成熟を明らかに促進することを認め (1974)、またデラウエア果実の開花から成熟までの内生ホルモンの消長を調べた結果では、エチレンは前述のように開花期から成熟期に近づくと発生が減少し、GA およびサイトカイニン活性も初期に高く成熟に近づくとほとんど認められない。IAA 含量は成熟に近づくと漸減したが、ABA だけは、成熟期までに急増し、デラウエアの成熟にオーキシンと ABA が強く関与していると推測した (1976)。

また、最近、戸高・渡辺・今関 (1976) は、エチレン生成阻害蛋白は、エチレン生成を阻害するばかりでなく、蛋白や核酸の合成なども阻害することを報告している。したがって該蛋白の巨峰果実の脱粒防止の効果もエチレン生成阻害以外のこのような面からの検討も必要と考えられる。

摘 要

ブドウ巨峰は品質は優秀であるが、収穫後に果実が離脱しやすい欠点がある。酒井・今関によって発見されたエチレン生成阻害蛋白の利用面の開発の一環として、この蛋白による巨峰の脱粒防止効果に関して研究を行なった。その結果はつぎの通りである。

1. 収穫直後の巨峰果実をエチレン生成阻害蛋白溶液に浸漬処理し、室温下で貯蔵した場合、果実は貯蔵期間が延長され、対照区では 8 日で完全に脱粒したのに対して、エチレン阻害蛋白処理区では 16 日を要した。

2. 巨峰果実をエチレン生成阻害蛋白液に浸漬処理し、低温 (4°C) 下で貯蔵した場合には、収穫後 20 日間も脱粒が防止され、完全に脱粒するのに 42 日を要した。この日数は室温区より 12 日も長かった。また、収穫後 30 日を過ぎても果実は外形の変化や食味の劣化が認められなかった。

3. 以上の結果からエチレン阻害蛋白はブドウ巨峰の脱粒防止のみでなく、鮮度の保持にも役立つものと考えられる。

4. 部分的に精製したエチレン生成阻害蛋白には阻害活性に影響を及ぼさない粘性物質が含まれているため、蛋白溶液が果実に完全に付着することがわかった。

文 献

1. Abeles, F. B. 1972. Biosynthesis and mechanism of action of ethylene. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23: 259-292.
2. Abeles, F. B. 1973. *Ethylene in Plant Biology.* Academic Press. New York.

3. Burg, S. P. 1962. The physiology of ethylene formation. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 13 : 265-302.
4. Chundawat, B. S., Takahashi, E. and Nagasawa, K. 1971. Effect of gibberellic acid, B-nine and kinetin on fruit set, parthenocarpy and quality of Kyoho grapes. *Jour. Jap. Soc. Hort. Sci.* 40(2) : 105-109.
5. Coombe, B. G. and Hall, C. R. 1973. The hormone content of ripening grape berries and the effects of growth substance treatments. *Plant Physiol.* 51 : 629-634.
6. Hall, C. R., Coombe, B. G. and Hawker, J. S. 1970. Effect of ethylene and 2-chloroethylphosphonic acid on the ripening of grapes. *Plant Physiol.* 45 : 620-623.
7. Inaba, A., Ishida, M. and Sobajima, Y. 1974. Regulation of ripening in grapes by hormone treatments. *Sci. Rep. Kyoto Pref. Univ. Agr.* 26 : 25-31.
8. Inaba, A., Ishida, M. and Sobajima, Y. 1976. Changes in endogenous hormone concentrations during berry development in relation to the ripening of Delaware grapes. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 45(3) : 245-252.
9. 岸 光夫. 1976 a. ブドウの施設栽培と生育調節剤, 植調 10(1) : 5-14.
10. 岸 光夫. 1976 b. ブドウに対する BA の使い方, 果実日本 31(12) : 39-44.
11. Madalgatti, R. M. 1970. Effect of benzyladenine on post-harvest berry drop in Anabe-Shahi grapes (*Vitis Vinifera* L.). *Vitis* 9 : 126-129.
12. 三好武満・紫 寿・平田克明. 1965. 生育抑制剤 B-995 によるブドウ「巨峰」の着粒増加について. *農業技術* 20(1) : 538-539.
13. 三好武満・紫 寿・平田克明. 1969. Bナイン処理によるブドウ巨峰の栽培. *農及園* 44(5) : 813-816.
14. Naito, R., Miura, K. and Matsuda, K. 1974 a. Effects of the prebloom application of GA combined with BA and Urea on the set and growth of seedless berries in Delaware grapes. 1 Enhanced berry growth by the combined application. *J. Jour. Soc. Hort. Sci.* 43(3) : 215-223.
15. Naito, R., Ueda, H. and Hayashi, T. 1974 b. Promotion of berry set in grapes by growth retardants. II Effects of SADH and CCC applied directly to cluster on berry set and shoot growth in Kyoho and Muscat of Alexandria grapes. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 43(2) : 109-114.
16. 中田隆人. 1966. ブドウ「巨峰」の花振り防止法. *農及園* 41(12) : 1781-1783.
17. 中田隆人. 1969. ブドウ巨峰に対する B₉ 処理効果. *農及園* 44(3) : 545-546.
18. Pratt, H. K. and Goeschl, J. D. 1969. Physiological roles of ethylene in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 20 : 541-584.
19. Sakai, S. and Imaseki, H. 1973 a. A proteinaceous inhibitor of ethylene biosynthesis by etiolated mungbean hypocotyle sections. *Planta* 113 : 115-128.
20. Sakai, S. and Imaseki, H. 1973 b. Properties of the proteinaceous inhibitor of ethylene synthesis: Action on ethylene production and indoleacetylaspasrate formation. *Plant and Cell Physiol.* 14 : 881-892.
21. Sakai, S. 1975 a. Multiple forms of the proteinaceous inhibitor of ethylene synthesis in mungbean seeds. *Ber. Ohara Inst. landw. Biol., Okayama Univ.* 16(3) : 115-120.
22. Sakai, S. 1975 b. Distribution of the proteinaceous inhibitor of ethylene synthesis in leguminous seeds. *Plant and Cell Physiol.* 16(3) : 529-532.

23. Sakai, S. 1976. Purification and some properties of a proteinaceous inhibitor of ethylene synthesis from mungbean seeds. *Agr. Biol. Chem.* 40 : 2417-2422.
24. 鈴木章方・中沢敬止. 1973. エチレン：ブドウ果実の離脱におけるその役割. 山梨大教育学部研究報告 23 : 79-83.
25. 鈴木章方・小池孝子・古屋興一. 1975. エチレン：各種植物体からの発散量. 山梨大教育学部研究報告 26 : 73-75.
26. 戸高 功・渡辺 昭・今関英雅. 1976. エチレン生成阻害タンパク質の代謝におよぼす影響. 日本植物生理学会 1976 年度年会講演要旨 : 152.
27. 恒尾棟介. 1973. 巨峰ブドウ栽培の新技術. 博文社 東京.
28. Weaver, R. J., van Overbeek, J. and Pool, R. M. 1965. Induction of fruit set in *Vitis vinifera* L. by a kinin. *Nature* 206 : 95-953.
29. Weaver, R. J., van Overbeek, J. and Pool, R. M. 1966. Effect of kinines on fruit set and development in *Vitis vinifera*. *Hilgardia (Davis)* 37(7) : 181-201.
30. Weaver, R. J. and Pool, R. M. 1969. Effect of ethrel, abscisic acid, and a morphactin on flower and berry abscission and shoot growth in *Vitis vinifera*. *Jour. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94 : 474-478.