

## ブドウ 'デラウェア' 果皮組織のセルラーゼ活性 に及ぼすジベレリンの影響

山村 宏\*・斎藤 寛\*\*

---

Effects of GA on Cellulase Activity in Fruit Skin  
Tissues of 'Delaware' Grapes.  
Hiroshi YAMAMURA and Kan SAITOU

---

Effects of GA on ACC contents in cluster rachis, cellulase activity in berry skin tissues and berry splitting were investigated in 'Delaware' grapes. GA was applied at 100 ppm, 10 days before harvest and removed the plastic film covering the roof on the next day. The precipitation was about 135 mm in 8 days after the removal of plastic cover.

Berry splitting was significantly decreased by GA application without effect on berry enlargement and soluble solids contents in juice. Cellulase activity in berry skin decreased just after GA application, however ACC contents in cluster rachis did not differ between both treatments.

### 緒 言

我国の主要ブドウ品種である 'デラウェア' は、着色始期から収穫までが梅雨期に当たる無加温ハウス栽培と露地栽培で裂果の被害が多い。裂果発生の難易や発生の機構はブドウの品種によってかなり異なっているが、'デラウェア' の裂果は密着果房で発生しやすく、幼果の時から果粒同士が密着すると、密着部分の果皮が弱まり、裂開しやすくなる<sup>1),2)</sup>。また、果粒中の糖含量の上昇は果粒への吸水とも関係し、裂果発生と密接な関係がある。'デラウェア' の裂果は可溶性固形物含量が16%以上<sup>3)</sup>に達すると裂果しやすくなり、この時期以後の降雨対策が裂果防止のカギとなる。そのほかにもブドウの裂果抵抗性に関係する要因は多いが、最も大きな要因は果皮組織の強弱であり、幼果時における果皮組織の発達の良否が裂果発生の難易を左右する場合が多い。果皮の強弱は亜表皮細胞壁の厚さなど果皮の構造的特性に依るとこ

ろが大きい<sup>4),5)</sup>が、裂果の起こる直接的原因は果実成熟時の降雨による果粒への吸水、膨圧の高まりによる果皮組織の破壊である。ブドウの裂果は成熟時に空中湿度が高く、葉からの蒸散が少ない条件下で、根からの過剰な吸水によって果粒内膨圧が高まり、この膨圧に耐えきれなくな<sup>6)</sup>って果皮が裂開するため起こるとされている。しかし、果皮組織の裂開は降雨に際して、果粒への吸水、膨圧の高まりによって物理的に破壊されるだけでなく、果皮組織の細胞壁成分の変化、溶解が起こる可能性も考えられる。植物体は湛水などのストレスによってエチレン生成が急激に高まることが報告されて<sup>7),8),9)</sup>おり、生成したエチレンが果皮組織の細胞壁成分に影響を及ぼして果皮強度が低下することも考えられる。

本実験では、収穫直前の 'デラウェア' にジベレリン (GA) を果房処理して、エチレンの前駆物質である ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) 含量と果皮のセルラーゼ活性に及ぼす影響及び降雨との関係を調査した。

\* 栽培植物生産学講座

\*\* 現在広島県廿日市農業改良普及所

### 材料及び方法

1987年に島根大学農学部実験圃場の3月下旬より天井のみビニル被覆したハウス内の長梢 X 字仕立て‘デラウェア’成木4樹を供試した。展葉枚数4~5枚のとき、新しょう本数約500本/樹(約8,500本/10a)とし、1新しょうに2果房着生させ、慣行のGA処理によって無核果とした。

果粒の可溶性固形物含量(糖度)が約16%に達した時(収穫の約10日前, 7月13日)に, GA 100ppm 果房浸漬区と対照区を設けた。1樹を1ブロックとし, 4樹4ブロックで1ブロックには各処理区とも20~30果房を着生した結果母枝4本を用いた。また, 故意に降雨の影響を与えるため, GA 処理の翌日に天井ビニルを除去した。

GA 処理1日後, 4日後, 7日後及び10日後に果粒重, 果汁糖度, 裂果粒率, 果粒の水分含量及び飽和水分不足度(WSD), 果穂軸のACC含量, 果皮中のセルラーゼ活性を調査した。調査日ごとにサンプルとして1処理区につき1樹より4果房づつ, 計16果房を採取した。

#### セルラーゼ活性の測定

Abeles の方法を参考に以下の方法で行なった。12果粒から果皮組織を5gとり, リン酸緩衝液30mlと石英砂を少量加えて乳鉢で磨砕後, 12,000rpmで5分間遠心分離した。その上澄液を酵素液として10mlとり, 基質として1.5% CMC (Sodium Carboxymethyl Cellulose) を10ml加え, 30℃で5分間攪拌した後粘度変化を測定した。40℃の恒温槽に垂直に立てたキャノン・フェンスケ粘度計の一端から上記試料5mlを入れ, 10分間放置した後試料液を標線Aまで吸引し, 自然に流下させた。試料の上端が標線Aから標線Bまで流下するのに要する時間を測定し,  $t_0$ とした。60分後に同様の操作を行ない, その時の流下所要時間を  $t_{60}$ とした。セルラーゼ活性は次式より求め, 4反復した。

$$\% \Delta \eta = \frac{t_0 - t_{60}}{t_0} \times 100$$

(11), (12)

#### ACC の抽出・定量

採取後直ちに凍結保存した果穂軸5g相当量に70%エタノール20mlを加え磨砕した後, 12,000rpmで5分間遠心分離した。上澄液を40℃以下で濃縮乾固して1mlの蒸留水に溶かした。ACC抽出液またはACC標品500 $\mu$ lを10ml試験管へとり, 1 $\mu$ M HgCl<sub>2</sub>を加えて1mlにし, ゴム栓をして氷冷した。氷冷した5% NaOClと飽和NaOHを2:1に混合(約45 $\mu$ MのNaOClを含む)し, ゴム栓を通して1ml注入した。

反応液は10分間振とうした後, 0.5mlのガスサンプルを日立163型GC(FID)へ注入してエチレンを測定した。GCはカラム:3mm $\times$ 2mステンレスカラム, 充填剤:活性アルミナ(80~100メッシュ), キャリヤーガス:N<sub>2</sub>(40ml/min), Injection T.:70℃, Column T.:50℃で使用した。ACC標品は1~10<sup>2</sup>nmolで検量線を作成し, ACCの抽出, 定量は各4反復し平均した。

### 実験結果

第1図にベレゾーン時から実験終了時までの降雨量を示した。被覆除去前の1週間は降雨がなく, ハウス内の土壌は乾燥気味であったが, 被覆除去3日後に45mm程度, 5日後に約50mmの降雨があり, 実験開始後8日間では計約135mmの降雨があった。

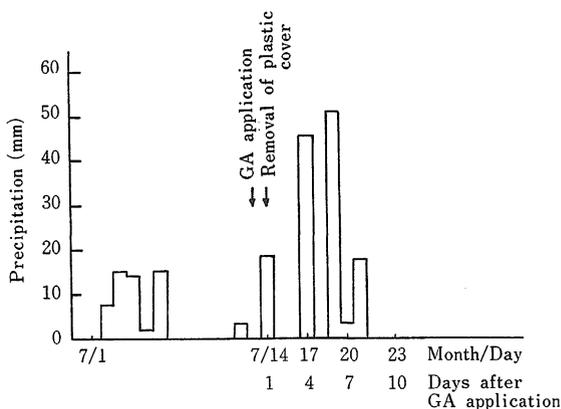


Fig.1. Daily precipitation duration from veraison to harvest of ‘Delaware’ grapes.

第1表に示すように, 果実糖度が約16度に達してからGA処理したが, 処理後の糖度の上昇は両区ともほぼ同じで, 10日後には19度に達した。また, 1粒重は処理後10日間で0.1~0.2gの増加が認められたが, 両区の間

Table 1. Effects of GA on berry weight, soluble solids contents and berry splitting in ‘Delaware’ grapes.

	Days after GA application				
	GA	1	4	7	10
Berry weight (g)	-	1.4	1.5	1.6	1.6
	+	1.5	1.6	1.5	1.6
Soluble solids (%)	-	16.3	17.9	18.4	19.0
	+	16.2	18.0	18.2	19.0
Berry splitting (%)	-	-	4.3	6.1	11.5
	+	-	3.0	5.0	5.7*

\*Significant at 5% level.

に差はみられなかった。このような収穫直前の GA 処理は、果実の肥大や成熟にはほとんど影響を及ぼさず裂果は減少した。即ち GA 処理後10日目の裂果粒率は、無処理区が11.5%に対して GA 処理区は5.7%で、5%レベルで有意差がみられた。

第2表は GA 処理後の果粒の水分状態を示したものである。処理後7日目に約 50mm の降雨があり、その直後に果粒の水分含量は GA 処理区でやや高くなり、実験終了時においてもこの傾向が認められた。また、乾燥状態がつづき、被覆を除去した直後の WSD は両区とも比較的高い値を示した。処理4日以後は GA 処理区の WSD が低く、とくに処理後7日目で低かった。即ち、降雨後の果粒への吸水は GA 処理区の方が速やかに行われたものと考えられる。

果皮組織では、裂開に際して細胞壁成分の変化を伴うものと考えられる。そこで、壁成分の中でも1次壁に多く含まれるセルロースに着目し、GA 処理後の果皮セルラーゼ活性の消長を調べた。第3表に示すように、果皮のセルラーゼ活性は GA 処理後10日目まで無処理区に比べてかなり低く、処理後4日目を除いていずれも有意差が認められた。

ハウス内で土壌が乾燥気味に経過した後、天井ビニルを除去、一転降雨により過湿状態に置かれたブドウ樹はエチレン生成に変動が生じることが考えられる。第4表はハウス内で乾燥気味に経過したブドウ‘デラウエア’の収穫10日前に GA を果皮処理し、その後は降雨下の過湿条件下に置き、果穂軸中の ACC 含量の推移を示したものである。GA 処理、無処理区とも処理後の時間経過に伴う変化はほとんどみられず、処理区の間には差はみられなかった。

## 考 察

ブドウ‘デラウエア’はベレゾーン時（着色開始直前）から果粒の糖含量が急激に増加し、例年の天候条件では3～4日に1度の割合で糖度が上昇する。糖度が16度<sup>3)</sup>以上に達してから降雨があると裂果が発生しやすいが、降雨量や降雨の継続時間、空中湿度のほか土質や圃の傾斜など排水条件によって裂果の発生程度が大いに異なる。このことは吸水量の問題以外に湛水による地下部の物理的障害が裂果発生に関係していることを示すものと思われる。植物は傷害、物理的接触、病害、低温、乾燥、湛水など、さまざまな形のストレスに対応してエチレンを生成することが知られている。トマト植物は湛水により根で ACC の生成が著しく促進され、ACC は茎を通過して上部に移動し、葉柄でエチレンに転換し、上偏生長を

Table 2. Effects of GA on water saturation deficit (WSD) and water content in berry of ‘Delaware’ grapes.

GA	Days after GA application				
	1	4	7	10	
WSD(%)	—	3.6	2.4	3.2	2.6
	+	3.8	2.2	1.8	2.3
Water content (%)	—	84.6	82.9	82.0	80.8
	+	84.8	82.8	82.6	81.7

Table 3. Effects of GA on cellulase activity in fruit skin tissues of ‘Delaware’ grapes.

GA	Days after GA application				
	1	4	7	10	
Cellulase activity (%)	—	1.90	1.63	1.65	1.32
	+	1.01*	1.42	0.91*	0.17**

\*, \*\* Significant at 5% or 1% level, respectively.

Table 4. Effects of GA on ACC content in cluster axis of ‘Delaware’ grapes.

GA	Days after GA application				
	1	4	7	10	
ACC content (nmol/g)	—	0.20	0.19	0.19	0.18
	+	0.19	0.19	0.19	0.18

起こすといわれている。トマト植物でみられるこのような現象はブドウ樹においても起こる可能性がある。また、平ら<sup>13)</sup>はブドウ‘オリンピア’のベレゾーン時にエスレルを処理すると裂果が有意に増加するが、エチレン生成阻害剤 AOA (アミノオキシン酢酸) 処理によって裂果が抑制される傾向を認めている。本実験では‘デラウエア’の裂果の発生しやすい時期にハウスの天井ビニルを除去して、降雨による水ストレスを与えたところ、8日間に約 135mm の降雨があった。しかし、この程度の降雨がどれほどのストレスを与えたかは疑問であり、裂果粒率は約12%を示したものの、果穂軸中の ACC 含量に変化は認められなかった。また、ブドウ樹のように植物体が大きい場合、トマト植物のように地下部の湛水ストレスによって生じた ACC が地上部の果実など成熟が進行している器官へ移動し、エチレンが生成することには疑問がある。本実験では、果穂軸中の ACC 含量をみたにすぎないが、果粒または果皮組織のように、ブドウ樹の中でも成熟が進行している部位のエチレンあるいは ACC、ACC 合成酵素の変化をさらに調査する必要がある。

一方本実験では、収穫直前の GA 処理は果皮中のセ

ルラーゼ活性を有意に低下させ、裂果が減少した。サイトカイニン及びアブシジン酸は共に ACC 生成を調節するが、GA が ACC あるいはエチレン生成を制御する<sup>14)</sup>という報告は見当たらない。しかし、エチレン処理はオレンジの葉や果実の離層部のセルラーゼ活性を高め、離層形成を促進すること、GA は広く植物組織の成熟・老化の進行を抑制することが知られている。ブドウ‘オリンピック’のベレゾーン時の GA 処理は、裂果を助長したという報告があるが、ブドウはベレゾーン以後も果実肥大し、GA 処理によってさらに果実の肥大が促進され、裂果を助長する可能性がある。本実験においては収穫直前に GA 処理したため、果実の肥大や成熟に GA の影響は認められず、裂果が減少した。このことから GA が果皮の細胞壁成分の変化、分解を抑制したため裂果が減少したことも考えられる。

細胞壁成分はセルロースのみならず、リグニン、ペクチン、ヘミセルロースなどの多糖類から成る。降雨の際のストレス下でこれらの細胞壁物質がどのように変化し、エチレンがこの変化に関連があるのかどうかは今後調査する必要がある。

#### 摘 要

‘デラウエア’の収穫10日前に処理した GA が果穂軸の ACC 含量及び果皮組織のセルラーゼ活性、裂果発生に及ぼす影響を調査した。GA 処理1日後にハウスの天井ビニルを除去したところ、8日間に約 135mm の降雨があった。

GA 100ppm 処理は果実の肥大、果実中の可溶性固形物含量に殆んど影響しなかったが、裂果は有意に減少した。GA 処理直後より果皮中のセルラーゼ活性が低下したが、果穂軸中の ACC 含量は処理間で差は認められなかった。

#### 引用文献

1. 平田克明・三好武満・柴 寿：園学要旨昭42秋：6-7, 1967.
2. 平田克明・柴 寿・三好武満：園学要旨昭44秋：64-65, 1969.
3. YAMAMURA, H. and R. NAITO: J. Japan. Soc. Hort. Sci.: 53(4): 390-395, 1985.
4. CONSIDINE, J. A.: Aust. J. Bot. 39: 475-482, 1981.
5. YAMAMURA, H., R. NAITO and H. TAMURA: J. Japan. Soc. Hort. Sci. 55(2): 138-144, 1986.
6. CONSIDINE, J. A. and P. E. KRIEDEMANN: Aust. J. Agri. Res. 23: 17-24, 1972.
7. KAWASE, M.: J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 584-588, 1972.
8. BRADFORD, K. J. and S. F. YANG: Plant Physiol. 65: 322-326, 1980.
9. YOUNG, S. F. and N. E. HOFFMAN: Ann. Rev. Plant Physiol. 35: 155-189, 1984.
10. ABELES, F. B.: Plant Physiol. 44: 447-452, 1969.
11. APELBAUM, A. and S. F. YANG: Plant Physiol. 68: 594-596, 1981.
12. LIZADA, M. C. C. and S. F. YANG: Anal Biochem. 100: 140-145, 1979.
13. 平 智・渡部俊三・佐竹正行：農及園 64(5): 657-660, 1989.
14. YOSHII, H. and H. IMASEKI: Plant and Cell. Physiol. 22(3): 369-379, 1981.
15. RATNER, A., R. GOREN and S. P. MONSELISE: Plant Physiol. 44: 1717-1723, 1969.