

[研究報文]

ブドウ‘巨峰’無核果の脱粒とその防止に関する研究

小原 均・孔 慶朝・大川克哉・高橋英吉・松井弘之
千葉大学園芸学部、〒271-8510 千葉県松戸市松戸648

Studies on Berry Shatter and Its Control in Seedless ‘Kyoho’ Grape

Hitoshi OHARA, Qing Chao KONG, Katsuya OHKAWA, Eikichi TAKAHASHI, and Hiroyuki MATSUI
Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo, Matsudo-shi, Chiba 271-8510, Japan

Seeded berries of ‘Kyoho’ grape are prone to shatter after harvest and seedless berries (induced by gibberellic acid (GA₃) treatment) shatter even more easily. Studies were carried out to compare seeded and seedless berry clusters with respect to characteristics associated with berry shatter, and to try and prevent shatter by treatment with aminoethoxyvinylglycine (AVG), 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D) and N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea (CPPU). The berry removal force (BRF) at harvest was lowest for seedless berries and increased with increasing seed number. The BRF decreased as the Brix increased. There was no difference in cap stem diameter between seeded and seedless berries. The cap stems of seedless berries had about three-fold greater resistance to lateral bending (as measured by applying a lateral force until cap stem deflected 30 degrees) than seeded berries. In seedless berries, cap stems also contained about twice as much lignin. The core diameter, the diameter of the core and surrounding vascular bundles, and the area of the region between the cap stem and berry were smaller in seedless than in seeded berries. When flower clusters were treated with AVG (8 mg·L⁻¹ and 16 mg·L⁻¹) 10 days before full bloom, the BRF at harvest was greater for seedless than for seeded berries. When seedless berry clusters were treated 20 days before harvest with 2, 4-D (50 mg·L⁻¹) and CPPU (10 mg·L⁻¹) combined, the BRF of seedless berries was markedly greater than that of seeded berries.

Key words: ‘Kyoho’ grape, berry shatter, seedlessness, aminoethoxyvinylglycine, 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid, N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea

緒 論

ブドウ‘巨峰’は収穫後、果梗がしおれやすいことから脱粒が起こりやすく、日持ちが悪い。一方、‘巨峰’は花振るい性が強い為、安定した結実を得るためにジベレリン (GA₃) 処理による無種子 (無核) 化栽培が行われることがある。しかし、GA₃処理により誘起された無核果房では穂軸、支梗および小果梗が硬化し、収穫時あるいは収穫後の振動、または、その他の物理的な刺激により、有種子 (有核) 果房に比べてさらに脱粒しやすくなる (7)。これまで‘巨峰’の有核および無核果房における脱粒機構を解明しようとする試みがなされているが、まだ不明な点も多い (1, 7, 9, 11)。他方、GA₃処理により誘起された無核果房の果梗の硬化や脱粒を防

止する試みもなされたが (4, 12)、それを完全に防止する方法は見出されていない。

そこで本実験では、‘巨峰’の脱粒関連形質を有核果房とGA₃処理により誘起された無核果房で比較調査するとともに、2, 3の薬剤処理を行い、無核果房における脱粒防止効果について検討した。

材料と方法

本実験は1996年に行い、材料には本学部附属柏農場栽植の8年生‘巨峰’を供試した。無核果を誘起するためのGA₃ (25mg·L⁻¹溶液、展着剤として0.1%アトロックスBIを含む) 処理は満開日と満開約10日後の2回、花房 (果房) 浸漬を行った。有核および無核果房の結実を確認後、1結果枝当たり1果房になるように摘房し、さらに1果房当たり30から40粒になるように摘粒し、成熟時に両果房を収穫して以降の実

1999年9月15日受理

験に供した。本実験では、脱粒程度の指標として着粒強度 (berry removal force、以下BRF) を用い、小果梗から果粒を離脱するのに必要な2方向への力 (果底部から果頂部方向へ引く力Hg、果粒赤道面に対して水平方向に押す力Vg) を測定し、 $H \times V \times 10^{-3}$ の値として示した。また、小果梗の硬化程度の指標として曲げ強度を用い、BRFを測定後の小果梗の支梗部側を固定して、小果梗に対して垂直方向に力を加え、角度 30° まで曲げるのに必要な力 (g数) を測定した。なお、BRFと小果梗曲げ強度の測定にはフォース・ゲージを用いた。

実験1：有核および無核果房における脱粒関連形質の比較 有核および無核果房での脱粒関連形質として収穫時にBRFと小果梗の太さ (直径)、曲げ強度およびリグニン含量を測定し、有核果粒では含有種子数と糖度を測定した。BRFと小果梗の太さおよび曲げ強度の測定には6果房を用い、1果房当たりそれぞれ10果粒 (小果梗) について測定した。リグニン含量の測定は5gの小果梗を用い、常法に従ってアルコール不溶性画分を得た後、硫酸分解法によって行った。なお、収穫した10果房を室温に放置し、収穫後のBRFの変化についても経時的に測定した。一方、小果梗と果粒の結合部付近の形態的観察を行うため、小果梗と果粒が結合した状態のものを支梗から15個切り取り、70%エタノールで固定後、氷結マイクロームを用いて小果梗と果皮が接するところより果頂部側に約5mmの位置までの間で横断切片を作製し、果心径、果心維管束径、周囲維管束径および果粒と小果梗の結合部面積を光学顕微鏡下で測定した。

実験2：2、3の薬剤による脱粒防止効果の検討 無核果房における薬剤による脱粒防止効果を検討するため、Table 2に示したようにエチレン生合成阻害剤であるアミノエトキシビニルグリシン (AVG) を用いて満開期前後に異なる濃度処理液を調製し、また、合成オーキシシンである2、4-ジクロロフェノキシ酢酸 (2,4-D) および合成サイトカイニンであるN-(2-クロロ-4-ピリジル)-N'-フェニル尿素 (CPPU) を用いて収穫約20日前に単用または混用処理液を調製して、花 (果) 房をそれらに1回浸漬処理した。成熟時に果房を収穫し、実験1で示した方法に準じて、BRFと小果梗の太さ、曲げ強度およびリグニン含量を測定し、一部の処理果房については、形態的調査

を行った。

結果と考察

1. 有核および無核果房における脱粒関連形質 収穫時の‘巨峰’有核果房ではBRFは種子数が増加するに従って高まり (Fig. 1)、また、糖度が上昇するに従って低下した (Fig. 2)。これらのことから、有核果粒の脱粒程度は含有種子数と糖度によって影響を受け、種子数が少ないほど、また、成熟ステージが進むほど脱粒しやすいことが明らかとなった。通常‘巨峰’では種子が4個形成される割合は少なく、1から2個の場合が多いが、このことが‘巨峰’の有核果粒の脱粒性が大きいことの一因と考えられた。

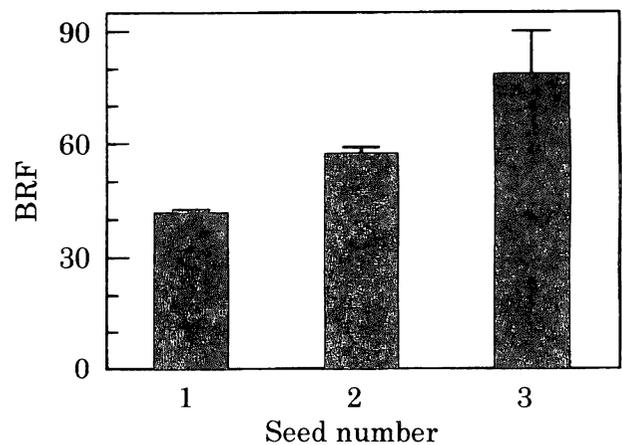


Fig. 1. Relationship between seed number and berry removal force (BRF) at harvest for seeded ‘Kyoho’ grape berries. Error bars indicate S.E. values.

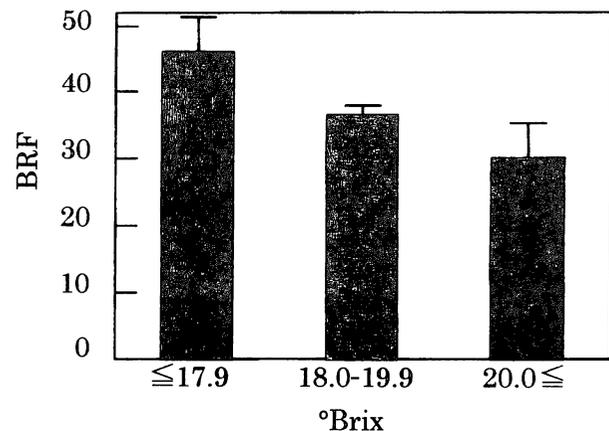


Fig. 2. Relationship between Brix and berry removal force (BRF) at harvest for seeded ‘Kyoho’ grape berries. Error bars indicate S.E. values.

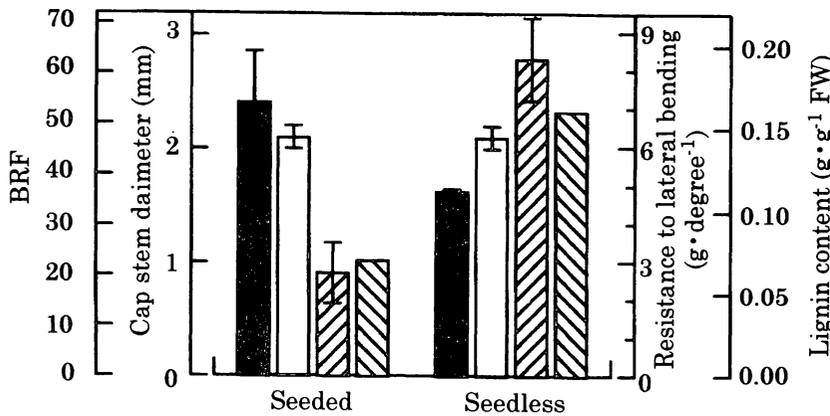


Fig. 3. Comparison of berry removal force (BRF) (■), cap stem diameter (□), resistance to lateral bending (▨), and lignin content (▩) of seeded and seedless berry clusters of 'Kyoho' grape. Error bars indicate S.E. values.

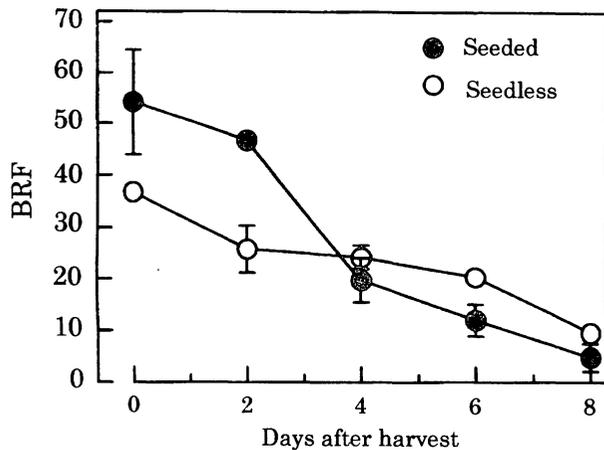


Fig. 4. Changes in berry removal force (BRF) after harvest in seeded and seedless clusters of 'Kyoho' grape. Error bars indicate S.E. values.

収穫時の無核果房でのBRFは有核果房の約68%であったが (Fig. 3, 4)、収穫後には、有核果房の方がBRFの減少速度は早く、4日後には両者ともほぼ同じ値となった (Fig. 4)。このことは、有核果房では収穫後の日数の経過に伴い脱粒が起りやすく

なることを裏付けている。

一方、小果梗径は両果房の間で差はなかったが、無核果房の小果梗の曲げ強度およびリグニン含量は有核果房のそれぞれ約3倍と2倍であった (Fig. 3)。一般に、無核果房では果梗の硬化が脱粒しやすさの一因と考えられているが、本実験でも無核果房の小果梗では、木化を導くリグニン合成が有核果房より著しく促進されることが示され、果梗の柔軟性が著しく弱まり、果粒に力が加わった場合には小果梗と果粒の結合部に大きな力が加わるものと考えられた。また、本実験ではほぼ一

定の力を徐々に加えて脱粒させたが、実際栽培で収穫時や収穫後に果房を取り扱う場合には、瞬間的に果粒に大きな力が加わることがあることから、無核果房では有核果房に比べて容易に脱粒してしまうものと考えられた。他方、脱粒しやすいかそうでないかは、果心径の大きさと関連性があることが報告されている (10) ことから、小果梗と果粒の結合部付近を形態的に比較した結果、無核果房における果心径、果心維管束径、周囲維管束径および果粒と小果梗との結合部面積は、いずれも有核果房より小さく、果粒と小果梗の結合力が弱まっていると推察された (Table 1)。また、果粒内の維管束の発達が劣っていることは、種子が存在しないことに関連していると考えられ、このことは、有核果房での脱粒は、種子数が少ないほど起りやすいという結果と合致している。これらのことから、無核果房での脱粒は、果梗の硬化ならびに小果梗と果粒の結合力の弱さの両者に起因するものと考えられた。

2. 2、3の薬剤処理による脱粒防止効果 AVG処

Table 1. Comparison of core diameter, diameter of core and surrounding vascular bundles, and area of the region between cap stem and berry in seeded and seedless berries of 'Kyoho' grape.

Treatment	Core diameter (mm)	Diameter of core vascular bundle (μm)	Diameter of surrounding vascular bundle (μm)	Area of region between cap stem and berry (mm ²)
Seeded	2.16	374	177	9.58
Seedless	1.08	233	127	6.60
AVG	1.58	264	152	7.05

² Treated with 16 mg·L⁻¹ 10 days before full bloom.

理果房のBRFは、満開5日前以前のすべての濃度処理で無処理の無核果房より有意に高く、処理時期が早いほど、また、処理濃度が低いほど高まる傾向であった。なお、満開日と満開後以降の処理果房で

は、無処理の無核果房とほとんど差異がみられなかった。一方、小果梗径にはAVG処理による影響はみられなかったが、AVG処理果房では、小果梗の曲げ強度およびグニン含量は無処理の無核果房よりやや減少する傾向にあった (Table 2)。なお、AVG処理果粒の重量、糖度および酸含量は無処理の無核果房とほとんど差がなかった。AVG処理によりBRFが有核果房と同等以上に高まった満開10日前の

16mg・L⁻¹処理果房では、果心径、果心維管束径および果粒と小果梗との結合部面積は、いずれも有核果房より小さいものの無処理の無核果房以上の大きさであった (Table 1)。胡ら (5) は、満開約2週前にAVGを‘巨峰’花房に処理すると、果粒の含有種子数が増加して有核果粒の着粒率が高まることを明らかにし、種子数が増加した一因として、処理後新たに形成された胚珠 (二次胚珠) が受精し、種子数

が増加した可能性があると考えている。胚珠数が増えれば小果梗から果粒につながる維管束の発達も促進されることから、このことがBRFを高める一因ではないかと推察された。

一方、無核果房に対する収穫約20日前の2,4-DとCPPUの単用および混用のすべての処理により、果房のBRFは、有核果房とほぼ同等もしくはそれ以上に高まり、特に混用処理で著しく高くなった。また、すべての処理果房で、小果梗曲げ強度は対照とした無核果房よ

Table 2. Effect of AVG application before and after full bloom on berry removal force (BRF), cap stem diameter, resistance to lateral bending, and lignin content of seeded and seedless berry clusters of ‘Kyoho’ grape.

Treatment	Conc. (mg・L ⁻¹)	BRF	Cap stem diameter (mm)	Resistance to lateral bending (g・degree ⁻¹)	Lignin content (g・g ⁻¹ FW)
Seeded		54.2 ± 10.2 ^z	2.1 ± 0.1	2.7 ± 0.8	0.07
Seedless		36.8 ± 0.5	2.1 ± 0.1	8.3 ± 1.1	0.16
AVG					
10 DBFB ^y	8	59.8 ± 5.4	2.2 ± 0.0	9.7 ± 1.0	0.12
	16	62.7 ± 6.6	2.2 ± 0.1	7.7 ± 0.5	0.12
	80	48.9 ± 4.8	2.2 ± 0.1	7.5 ± 0.3	0.14
5 DBFB	8	49.3 ± 5.2	2.2 ± 0.1	8.3 ± 0.7	0.14
	16	43.7 ± 4.4	2.0 ± 0.1	6.8 ± 1.4	0.14
	80	41.9 ± 2.3	2.1 ± 0.0	6.7 ± 0.8	0.14
FB ^x	8	42.7 ± 7.7	2.0 ± 0.1	7.7 ± 0.5	0.14
	16	39.4 ± 4.5	1.9 ± 0.1	5.4 ± 0.5	0.11
	80	39.6 ± 3.3	2.2 ± 0.1	8.0 ± 0.7	0.12
5 DAFB ^w	8	40.2 ± 1.4	2.0 ± 0.1	6.0 ± 0.8	0.13
	16	44.3 ± 7.0	1.8 ± 0.0	4.9 ± 0.6	0.11
	80	42.3 ± 4.7	2.1 ± 0.1	7.3 ± 1.0	0.13
10 DAFB	8	37.1 ± 2.7	2.1 ± 0.1	6.2 ± 0.6	0.15
	16	35.2 ± 2.5	2.2 ± 0.0	6.9 ± 0.5	0.15
	80	35.5 ± 6.3	2.0 ± 0.1	5.6 ± 0.7	0.15

^z Mean ± S.E.

^y Days before full bloom.

^x Full bloom.

^w Days after full bloom.

Table 3. Effect of 2, 4-D and CPPU application 20 days before harvest on berry removal force (BRF), cap stem diameter, resistance to lateral bending, and lignin content of seeded and seedless berry clusters of ‘Kyoho’ grape.

Treatment		BRF	Cap stem diameter (mm)	Resistance to lateral bending (g・degree ⁻¹)	Lignin content (g・g ⁻¹ FW)
2, 4-D (mg・L ⁻¹)	CPPU (mg・L ⁻¹)				
Seeded		54.2 ± 10.2 ^z	2.1 ± 0.1	2.7 ± 0.8	0.07
Seedless					
0	0	36.8 ± 0.5	2.1 ± 0.1	8.3 ± 1.1	0.16
50	0	66.1 ± 13.8	1.9 ± 0.1	6.2 ± 0.8	0.14
0	10	62.4 ± 19.9	2.0 ± 0.1	7.6 ± 1.4	0.14
50	10	90.8 ± 6.5	2.0 ± 0.1	7.0 ± 2.2	0.13

^z Mean ± S.E.

り低くなる傾向であった (Table 3)。内生オーキシン含量が低いと器官離脱が起きやすく (2, 3, 6, 8)、また、一般にサイトカイニンは老化を阻止するとされていることから、2,4-DとCPPUの単用処理果房では、小果梗と果粒との結合力が強く維持され脱粒しにくくなり、それらを混用すると相乗的にさらに効果が高まるのではないかと推察された。なお、2,4-DとCPPU処理は果粒の重量、糖度および酸含量にはほとんど影響を及ぼさなかった。

以上のことから、満開前のAVG処理や収穫前の2,4-DとCPPUの単用および混用処理は、果粒品質に影響を与えることなく、無核果房の脱粒を軽減する方法として実際栽培に利用できる可能性が示唆された。

要 約

ブドウ‘巨峰’は収穫後脱粒しやすい性質があり、無核化を目的にジベレリン (GA_3) 処理するとより脱粒しやすくなる。そこで、脱粒関連形質を有核果房と GA_3 処理により誘起された無核果房で比較するとともに、2、3の薬剤を用いて無核果房における脱粒防止効果について検討した。

収穫時の着粒強度 (BRF) は、無核果粒で最も低く、種子数が増加するほど高くなり、糖度が増加するほど低下した。小果梗径は、両果房の間で差異はみられなかったが、無核果房の小果梗の曲げ強度およびリグニン含量は、有核果房のそれぞれ約3倍と2倍であった。無核果房における果心径、果心維管束径、周囲維管束径および果粒と小果梗との結合部面積は、いずれも有核果房より小さかった。満開10日前のアミノエトキシビニルグリシン (AVG、8および $16\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 処理果房の収穫時のBRFは、有核果房より高く、また、収穫20日前の2、4-ジクロロフェノキシ酢酸 (2,4-D、 $50\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) とN-(2-クロロ-4-ピリジル)-N'-フェニル尿素 (CPPU、 $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) との混用処理果房のBRFは、有核果房より著しく高くなった。

引用文献

1. 青木幹雄・佐久間信夫・雨宮 毅・鈴木章方・五味干明. ブドウ果実のエチレン発生について. 園学要旨. 昭52春: 68-69 (1977).
2. Gaspar, T., R. Goren, M. Huberman, and M. Dubucq. Citrus leaf abscission. Regulatory role of exogenous auxin and ethylene on peroxidases and endogenous growth substances. *Plant Cell Environ.* 1: 225-230 (1978).
3. Guinn, G. and D. L. Brummett. Concentrations of abscisic acid and indoleacetic acid in cotton fruits and their abscission zones in relation to fruit retention. *Plant Physiol.* 83: 199-202 (1987).
4. 岸 光夫. ぶどうにおけるジベレリン利用に関する研究. 京都大学学位論文 (1973).
5. 胡 建芳・福田 勉・小原 均・高橋英吉・松井弘之. ブドウ‘巨峰’の結実に及ぼすAVG (2-aminoethoxyvinylglycine)処理の影響. 園学雑. 68(4): 833-838 (1999).
6. Mao, Z., L. E. Craker, and D. R. Decoteau. Abscission in coleus: light and phytohormone control. *J. Expt. Bot.* 40: 1273-1277 (1989).
7. 中村正博. ブドウ巨峰の果梗の硬化と果実におよぼすGAの影響. 千葉大学修士論文 (1974).
8. Riov, J., O. Sagee, and R. Goren. Ethylene-induced changes in indole-3-acetic acid metabolism in citrus leaf tissues during abscission and senescence. *Acta Hort.* 179: 613-620 (1986).
9. 坂倉 勉・小崎 格・町田 裕. ブドウに対するジベレリンの作用とその利用法に関する試験. 園試報. A(4): 67-95 (1965).
10. 土屋長男. 「実験葡萄栽培新説」. 養賢堂. 東京. 271-272 (1957).
11. 安延義弘. 昭和46年度落葉果樹関係生育調節剤試験成績集録: 138 (1972).
12. 山本喜啓・長坂啓助. ブドウの脱粒防止に関する研究. 園学要旨. 昭51秋: 46-47 (1976).