

[Research Note]

京都で栽培したマスカディンブドウ品種およびその四倍体の成長と果実品質

内海真人・本杉日野*

京都府立大学生命環境科学研究科

〒619-0244 京都府相楽郡精華町北稲八間大路 74 京都府立大学生命環境学部附属農場

Vine Growth and Berry Quality of Muscadine Grape (*Vitis rotundifolia* Michx.) and Tetraploid Cultivars Grown in Kyoto

Masahito UTSUMI and Hino MOTOSUGI*

Graduate School of Life and Environmental Science, Kyoto Prefectural University, University Farm of Kyoto Prefectural University, 74 Oji, Kitaina-Yazuma, Seika-Cho, Kyoto 619-0244

Vine growth, berry quality, and resveratrol concentration of 14 muscadine grape (*Vitis rotundifolia* Michx.) cultivars (Bountiful, Burgau, Carlos, Dearling, Doreen, Higgins, Hunt, Howard, Luola, Magnolia, Memory, Nesbit, Roanoke, Thomas), an unknown strain (Kosobe) and a tetraploid (Kosobe 4x) grown in the experimental farm of Kyoto Prefectural University were compared in 2009-2010. Higgins showed very small winter pruned cane, shoot growth, and evolution of lateral shoots. The tetraploid (Kosobe 4x) bore shorter shoots and larger berries than the original diploid. The results suggest that the tetraploid of muscadine grapes will grow more compactly and bear larger berries than the original diploid. In 2009, berry weight varied from 2.7 to 10.9 g (heaviest in Higgins); berry diameter from 16.5 to 26.2 mm (largest in Higgins); total soluble solids from 12.3 to 19.9° Brix (highest in Hunt). Calculated yield varied from 0.08 to 0.8 t / 10 a (highest in Higgins). Resveratrol concentrations in seeds varied from 9.14 (Howard) to 61.87 (Doreen) µg/g fresh weight (fw). Average concentration was 27.45 µg/g fw. Resveratrol concentration in skin ranged from 1.55 (Luola) to 15.01 µg/g fw (Nesbit), and average concentration was 5.63 µg / g fw.

Key words: berry quality, vine growth, muscadine grape, resveratrol, tetraploid

緒言

マスカディンブドウ (*Vitis rotundifolia* Michx., 異名 *Muscadinia rotundifolia* (Michx.) Small)(Mullins *et al.* 1992)はアパラチア山脈を除いた北アメリカ南東部地域の広い範囲に自生しており、北限はデラウェア州からミズーリ州を経てテキサス州北東部までの大西洋岸の州である (Olien 2001)。マスカディンブドウの栽培農場が最も集中している地域は、ノースカロライナ州、

サウスカロライナ州、ジョージア州、フロリダ州北部、アラバマ州、ミシシッピ州、テキサス州東部、アーカンソー州となっている。マスカディンブドウと一般の栽培ブドウは共に *Vitaceae* 科、*Vitis* 属とされ、そのうちマスカディンブドウが属する *Muscadinia* 亜属と、一般的な栽培種 *V. vinifera* L.、*V. labruscana* Bailey およびほとんどの野生種が含まれる *Euveitis* 亜属に二大別される。*Muscadinia* 属の染色体数は $2n = 40$ (2x) であるのに対し、*Euveitis* 属は $2n = 38$ (2x) である。フィロキセラ (ブドウネアブラムシ、*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch.) に対して免疫性である (Olien 2001)。わが国に

*Corresponding author (email: motosugi@kpu.ac.jp)

受理日：2012年9月14日

は、弘前大学名誉教授元村佳恵氏が1986年に多くの品種を導入しているが、実用栽培化されていない。そこで本報では、元村名誉教授から譲渡されたマスカディンブドウ品種を京都府南部に位置する京都府立大学生命環境学部附属農場において栽培した場合の栄養成長、果実品質（果粒重、可溶性固形物含量、着色）、収量について予備調査した結果を示した。

レスベラトロール (*trans*-3, 4', 5-trihydroxy-stilbene) は、ファイトアレキシンの一種であるが、様々な保健機能上の特質を持っている (佐藤 1997)。マスカディンブドウはレスベラトロール含量が一般のブドウ品種より高いことから、機能性食品素材として注目されており、原産地近隣の各州では、青果、ジュース、ジャム、ワインなどの利用のほか、加工残さである種子からの抽出物が、健康補助食品の原料として使用されている (Ector 2001)。レスベラトロールの機能性には、(1)ブドウやその他の植物における抗真菌性、抗菌性、病害抵抗性 (Langcake and Pryce 1976)、(2)脂質異常症のラットにおける脂質低下作用 (Arichi *et al.* 1982)、(3)ヒトの低比重リポ蛋白 (LDL) の酸化阻害 (Frankel *et al.* 1993)、(4)血小板凝集阻害 (Kimura *et al.* 1985)、(5)発癌抑制作用 (Hudson 2007、Jang *et al.* 1997) がある。イリノイ大学の研究 (Jang *et al.* 1997) では、ヒトやマウス細胞に発癌抑制作用があることを示し、発癌の3段階、発癌 (initiation)、癌化促進 (promotion)、癌進行 (progression) に対し抑制作用を示した。世界保健機関 (WHO) のデータに基づいた疫学研究では、赤ワインを消費することにより冠状動脈性心臓病のリスクを40%まで減少する可能性がある (Renaud and De Lorgeril 1992)。レスベラトロールの存在は、*V. vinifera* 品種から醸造される一般的な赤や白ワイン (Adrian *et al.* 2000, Naugler *et al.* 2007) の他に、*V. vinifera*、*V. labruscana*、*V. rotundifolia* の果実で報告されている (Creasy and Coffee 1988)。以上のことから、本圃場で栽培されているマスカディンブドウの果実に含まれる種子、果皮、果肉のレスベラトロール含量について調査し、原産地方で栽培されているマスカディンブドウにおける分析値と比較した。

また、栽培品種では、芽条変異やコルヒチン処理により育成された四倍体は、元の二倍体品種より、果実サイズが大きくなる (Sanford 1983) が、それらの交配により巨峰をはじめとした多くの四倍体交配品種が育

成され、これらの品種はわが国のブドウ産業の主要な部分を占めている (農林水産省 2009)。著者らはブドウ台木において、コルヒチン処理により育成した四倍体は、細根が太く短い形状を示し、根系全体がコンパクトとなるとともに、地上部の生育は元の二倍体台木より、小さくなることを報告している (Motosugi *et al.* 2002)。以上のようなことから、マスカディンブドウにおいてもコルヒチン処理により育成した四倍体 (雌株) では果粒が大きくなり、枝梢の成長が抑制されコンパクトな樹形を示すことが期待される。そこで、1系統のみではあるが、マスカディンブドウの四倍体を組織培養下でのコルヒチン処理により育成しているので、この四倍体系統の生育特性や果実品質について、元の二倍体系統や栽培品種と比較した。

材料と方法

材料：1986年、アメリカ合衆国 North Carolina State University より弘前大学農学部元教授元村佳恵氏が導入した品種群について2003年に譲渡を受け、2005年に京都府立大学生命環境学部附属農場に圃場定植したマスカディンブドウ (*V. rotundifolia*) の両性株8品種 (Bountiful, Burgau, Carlos, Dearling, Doreen, Magnolia, Nesbit, Roanoke) と雌性株6品種 (Higgins, Howard, Hunt, Luola, Memory, Thomas) を用いた。また、京都大学農学研究科附属農場古曽部温室より分与された雌性株系統 (仮称 Kosobe) および、これを組織培養条件下におけるコルヒチン処理により染色体倍加し、順化した四倍体 (Kosobe 4x) も同時に圃場定植して実験に供試した。

植栽間隔は約2mとし、東西方向に各品種自根樹1樹ずつを1列に植栽し、1樹あたりの主幹を1~4本とし、地上1.5mで結果母枝を列方向両側に2-3本ずつ水平に誘引し1mの長さで剪定を行った。開花期前に、新梢を約10cm間隔で列方向に対し直角方向に誘引した。副梢発生が旺盛な品種は、着果期までは副梢を除去する管理をしたが、以降は副梢の除去は行わず、樹冠が列方向の中央から片側1.5m幅に収まるように適宜摘心した。施肥は、植付け時に幅1.5m長さ30mの畝に1t程度の堆肥を投入し、植付2年間、1株あたり被覆肥料エコロング 313-100 (N:P₂O₅:K₂O = 13:11:13 ジェイカムアグリ) を50g/株/年与えたが、多くの品種で樹勢が旺盛なため2008年以降、無施肥とした。

1. 成長量

2009年3月に Carlos、Higgins、Howard、Thomas、Kosobe、Kosobe 4x の剪定重を測定した。また、5月14日に主幹と結果母枝の長径、短径を測定し、主幹の断面積および結果母枝の枝周を求めた。7月1日には各樹の新梢と結果母枝の長さを測定した。

2010年は3月に剪定した後、5月中旬に枝の誘引を行った。7月23日および8月25日に新梢を主枝から150 cm で夏季剪定し、剪定枝葉の新鮮重を測定した。

2. 果実品質

2009年10月30日または11月11日に、各品種10粒ずつを収穫し、果粒重量を測定後、可溶性固形物含量は屈折計示度により、着色はカラーチャートブドウ黒紫色用(日園連、東京)を使用して調査した。

3. 果実収量

2010年10月14、15、19、21、30日に14品種の果実を収穫した。Doreen、Higins、Luola、Magnolia、Memory、Nesbit、Roanoke は比較的脱粒性が少なかったため、房ごとに収穫し、房数を計測した。また、樹下にネットを敷き、自然落果した果実を定期的に回収し重量を測定した。

4. レスベラトロール分析

レスベラトロールの抽出ならびに HPLC 分析は奥田(2008)の方法に従った。2010年度に収穫した果実を水洗し、-35°C で冷凍保存した。半解凍した果実から果皮をピンセットで剥がし、果肉を二等分して、種子を取り出した。それぞれのサンプルをプラスチックカップに移し、果皮約1 g、果肉約3 g、種子約0.5 g に定量した。果皮および種子は、乳鉢に入れ、液体窒素を適量加えて凍結状態として、乳棒ですり潰した。果肉は、乳鉢に入れ乳棒でそのまますり潰した。すり潰したサンプルに、10~15 mL の80%メタノールを加えて懸濁し、50 mL チューブに移し、4°C で約1日間抽出した。懸濁液を、遠心分離器にかけ、上清を別チューブに移しかえた後、再度、沈殿物に80%メタノールを加えて抽出を行った。この作業を2回繰り返し、合計3回のメタノール抽出を行った。抽出し終えたサンプルは、吸引ろ過(ADVANTEC TOYO. No.1)で沈殿物を除去し、濾液を80%メタノールで50 mL に定量した。抽出液を1.5 mL チューブにとり、遠心分離器で浮遊物を除去した後、50 μL マイクロシリンジで上清10 μL とり、HPLC

分析を行った。

トランス-レスベラトロール標準溶液は市販のトランス-レスベラトロール(和光純薬)を10 mg/L のメタノール溶液として調製した。シス-レスベラトロール標準液はトランス-レスベラトロール標準液を紫外線照射によりシス化し調製した。標準溶液は遮光して-35°C で保存した。

HPLC システムはポンプ(FCV-10AL)、カラム、カラムオープン(CTO-10AS)、UV 検出器(SPD-10A)、デガッサー(DGU-4A)(以上、島津製作所)、クロマトデータ処理ソフト(Chromato-PRO ソフトウェアバージョン3.0、ラボ・ラボ・カンパニー)の組み合わせとした。分析条件は、分析カラム: Shiseido Capcell Pak UG120 S5 i.d. 4.6 mm x 250 mm(資生堂、東京)、カラム温度: 50°C、検出波長: UV 303 nm とし、溶出液 A: 0.4%リン酸、溶出液 B: 0.4%リン酸: アセトニトリル = 20:80 (v/v) を用いて、流速: 1.0 mL/min、グラジエント条件は0~10分はB液10%で一定、10~20分はB液を10%~22%までの直線グラジエント、次いで20~25分はB液22%~35%までの直線グラジエント、25~40分はB液35%で一定とした。

結 果

1. 成長量

Carlos、Higgins、Kosobe、Kosobe 4x の冬季の1樹当たりの剪定重(新鮮重)は、Carlos で最も多く5,019 g 続いてKosobe で3,490 g となり、Higgins とKosobe 4x は共に低い値(373 g、353 g)となった(Table 1)。また、夏季剪定の合計重量はCarlos 1,496 g、Kosobe 1,806 g、Howard 1,021 g、Thomas 1,527 g となったのに対し、Higgins およびKosobe 4x は樹勢が弱く、夏季剪定を必要としなかった。主幹断面積は、Kosobe 4x、Higgins で低く(Table 1)、結果母枝の枝周の値もHiggins で低くなった(Table 1)。

2. 果実品質

供試したマスカディンブドウ品種の果房における着果粒数は概ね10果粒以下であった(Fig. 1)。2009年10月30日収穫の果実調査の結果、果粒重、長径ともにHiggins が最大(果粒重10.9 g、長径26.2 mm)となった(Table 2)。

Table 1. Vine growth of muscadine grape and its tetraploid.

Cultivar	2009		2010		
	Trunk cross-sectional area (cm ²)	Cane circumference (mm)		Weight of winter pruned cane (g fresh weight)	
				23-Jul	25-Aug.
Carlos	13.61 ^z	57.6 ± 6.0 ^y	5019 ^z	1496 ^z	
Higgins	2.33	31.9 ± 3.1	373	0	
Howard	12.89	49.5 ± 5.1	- ^x	1021	
Thomas	12.20	58.8 ± 9.6	- ^x	1527	
Kosobe 2x	7.11	47.7 ± 11.6	3490	1806	
Kosobe 4x	3.26	52.3 ± 2.5	353	0	

^z Only one vine per cultivar was planted.

^y Average ± standard error (n = 4)

^x Weights unmeasured

Table 2. Berry qualities of muscadine grape and tetraploid cultivars harvested on Oct. 30 or Nov. 11, 2009.

Cultivar	Berry weight (g)		Berry diameter (mm)		Color index ^z		Total soluble solids (°Brix)	
Bountiful	4.5 ± 0.1 ^y		19.0 ± 0.4		10.8 ± 0.4		18.4 ± 0.6	
Burgau	3.0 ± 0.2		16.9 ± 0.2		9.6 ± 0.7		19.0 ± 0.3	
Carlos	4.6 ± 0.3		19.3 ± 0.5		2.0 ± 0.0		17.8 ± 0.4	
Dearling	3.1 ± 0.2		16.8 ± 0.3		1.0 ± 0.0		19.8 ± 0.7	
Doreen	4.0 ± 0.4		17.9 ± 0.7		1.0 ± 0.0		16.7 ± 0.5	
Higgins	10.9 ± 0.4		26.2 ± 0.4		4.6 ± 0.2		17.5 ± 0.5	
Howard	5.3 ± 0.3		20.6 ± 0.4		2.4 ± 0.2		15.9 ± 0.8	
Hunt	4.2 ± 0.3		18.6 ± 0.5		11.2 ± 0.2		19.9 ± 0.3	
Luola	2.7 ± 0.4		16.5 ± 1.0		12.0 ± 0.0		17.6 ± 1.7	
Magnolia	2.8 ± 0.2		16.8 ± 0.4		11.8 ± 0.2		14.3 ± 0.4	
Memory	3.9 ± 0.2		18.7 ± 0.3		12.0 ± 0.0		15.7 ± 0.5	
Nesbit	3.7 ± 0.2		17.9 ± 0.3		12.0 ± 0.0		16.6 ± 0.8	
Roanoke	5.3 ± 0.1		20.4 ± 0.2		1.2 ± 0.2		15.6 ± 0.6	
Thomas	3.2 ± 0.1		17.1 ± 0.2		11.8 ± 0.2		16.2 ± 0.4	
Kosobe 2x	6.5 ± 0.5		22.1 ± 0.6		11.6 ± 0.2		15.6 ± 0.5	
Kosobe 4x	9.2 ± 0.5		25.2 ± 0.4		12.0 ± 0.0		12.3 ± 0.6	

^z Color indexes of grape skin based on the Color Chart for purple-black color grapes (Nichienren, Tokyo)

^y Average ± standard error (n = 10)

その他の品種では、重量2.7~9.2 g、長径16.5~25.2 mm となった。Kosobe 4x の果実は元の Kosobe より大粒化した。可溶性固形物含量は、Hunt、Dearling、Burgau で高い値 (19.9%、19.8%、19.0%) を示し、その他の品種では、12.3~18.4%となった。果皮の着色 (カラーチャート値) は、黒色品種 (Bountiful、Burgau、Hunt、Luola、Magnolia、Memory、Nesbit、Thomas、Kosobe、Kosobe

4x) は 9.6~12.0、ブロンズ色品種 (Carlos、Dearling、Doreen、Howard、Roanoke) は 1.0~2.4 となり、Higgins のみ 4.6 の薄い赤色を示した。

果粒重は Burgau、Carlos、Dearling、Doreen および Hunt は 10月7日まで、Howard、および Higgins は 10月30日まで増加し、以降は減少する傾向がみられた (Data 略)。可溶性固形物含量は、11月11日までの調

Table 3. Yield parameters of muscadine grape cultivars harvested in October 2010.

Cultivar	flower sex	Total number of berries per vine ^z		Yield per vine (g)		Berry weight (g)		Yield per 10 a (kg)	
Bountiful	Hermaphrodite	384 ^y		1594		4.15		199	
Burgau	Hermaphrodite	1182 ^y		3336		2.82		417	
Carlos	Hermaphrodite	540		1676		3.10		210	
Dearling	Hermaphrodite	938 ^y		2191		2.34		274	
Doreen	Hermaphrodite	558		2163		3.88		270	
Magnolia	Hermaphrodite	490		1305		2.66		163	
Nesbit	Hermaphrodite	227		725		3.19		91	
Roanoke	Hermaphrodite	347		1227		3.54		153	
Higgins	female	1200		6516		5.43		814	
Howard	female	173		649		3.75		81	
Luola	female	353		978		2.77		122	
Memory	female	673		1935		2.88		242	
Average of hermaphrodites		583 ±	113 ^x	1777 ±	281	3.21 ±	0.22	222 ±	35
Average of females		600 ±	225	2520 ±	1360	3.71 ±	0.61	315 ±	170
Average of all cultivars		589 ±	100	2025 ±	461	3.38 ±	0.24	253 ±	58

^z Canopy area per vine is 8 m² (2 x 4 m).

^y Gathered with dropped berries. Numbers of dropped berries before harvest were Bountiful 7, Burgau 889, and Dearling 132.

^x Average ± standard error



Fig. 1. Berry clusters of muscadine grapes cv. Memory.

査期間中、すべての品種で上昇し続ける傾向があったが、上記の果粒重が減少に転じた期間では水分損失が可溶性固形物含量を上昇させたと考えられる (Data 略)。黒色品種の着色は、9月から10月の間で進行し、10月7日以降はほぼ一定の値となった (Data 略)。これらの結果から、京都におけるマスカディンブドウの成熟期は10月上旬から下旬であり、Burgau、Carlos、Dearling、Doreen、Hunt ではやや早く、Howard、Higgins

ではやや遅いと考えられた。

3. 果実収量

収量調査の結果を Table 3 に示した。果粒数と収穫量と共に Higgins (1200 個/株、6516 g/株) で最大となった。その他の品種では、果粒数 173~806 個/株、収穫量 649~2163 g/株 となった。Hunt と Thomas については着果量が非常に少なく、データを省略した。

4. 果粒のレスベラトロール濃度

各試料のクロマトグラムにはシス-レスベラトロールのピークが見られず、マスカディンブドウの果実にはシス-レスベラトロールがほとんど含まれていないことが示された。したがって、トランス-レスベラトロールのみを定量した。レスベラトロール含量は、種子で 11.06 µg (Dearling) ~61.87 µg/g fw (Doreen) 平均 27.45 µg/g fw、果皮で 1.55 (Luola)~15.01 µg/g fw (Nesbit) 平均 5.63 µg/g fw、黒色品種の種子の平均 30.31 µg/g fw、ブロンズ色品種の種子の平均 24.37 µg/g fw、黒色品種の果皮の平均 6.47 µg/g fw、ブロンズ色品種の果皮の平均 4.48 µg/g fw となった (Table 4)。

Table 4. Resveratrol concentration in skin and seeds of muscadine grape cultivars harvested in 2010.

Cultivar	Skin color	Skin		Seed	
		Resveratrol concentration ($\mu\text{g/g}$ fresh weight)		Resveratrol concentration ($\mu\text{g/g}$ fresh weight)	
Bountiful	Black	5.34 \pm 0.22	^z	35.53 \pm 2.24	
Burgau	Black	9.34 \pm 3.15		41.73 \pm 3.68	
Luola	Black	1.55 \pm 0.39		19.14 \pm 3.94	
Magnolia	Black	2.15 \pm 0.26		22.81 \pm 0.38	
Memory	Black	2.09 \pm 0.46		23.65 \pm 1.43	
Nesbit	Black	15.01 \pm 2.16		23.30 \pm 3.27	
Thomas	Black	10.19 \pm 0.31		46.15 \pm 3.12	
Carlos	Bronze	3.98 \pm 1.52		23.11 \pm 0.49	
Dearling	Bronze	2.13 \pm 0.08		11.06 \pm 1.12	
Doreen	Bronze	10.62 \pm 7.16		61.87 \pm 1.05	
Higgins	Bronze	2.94 \pm 0.52		27.93 \pm 2.48	
Howard	Bronze	4.79 \pm 0.28		9.14 \pm 1.11	
Roanoke	Bronze	3.06 \pm 0.74		11.41 \pm 0.88	
Average of black cultivars		6.53 \pm 1.94		30.33 \pm 4.03	
Average of bronze cultivars		4.59 \pm 1.26		24.09 \pm 8.16	
Overall average		5.63 \pm 1.18		27.45 \pm 4.24	

^z Average \pm standard error (n = 4)

考 察

マスカディンブドウには以下のような特徴がある。果実の発育に長い期間を要し、春先のブドウ樹の成長開始は遅く、高温多湿の気候に対して高く順応している。土壌に関しては、肥沃な砂質の土壌や沖積土壌が最適で、含水量の多い土壌や重粘土土壌では成長が悪いとされる (Olien 1990)。一房あたりの着粒数が少なく、果粒の果皮は厚く、皮目が顕著である。また、果粒と果梗の間に離層を形成し、成熟とともに容易に脱粒する。新梢の節には隔壁がなく、連続した髓をもつ。若い枝には平滑で薄く、皮目の多い樹皮を有し、古い木部からは容易に離れず、わずかに鱗片状に離れる。また、巻きひげは分岐しない (Einset and Pratt 1975、Goffinet *et al.* 2001、Herdrick 1908、Munson 1909、Williams 1923)。対照的に、*Euvitis* のブドウは房に多くの果実をつけ、果実と花軸の間に離層形成がなく、脱粒時に果梗側に中央維管束が残され、果粒に穴が開く。茎の髓は節の隔壁によって遮断され、樹皮は若い幹や

樹では筋がついており、古い樹では分厚く粗面になり、剥がれやすい。また、*Euvitis* は休眠枝からの挿し木発根が容易であるが、*Muscadinia* では困難であるため、*Muscadinia* を発根させる場合は、緑枝の基部から真ん中あたりの部位に湿った土をかぶせる取り木をするか、あるいは 10~15 cm にカットした緑枝を湿った水はけの良い土に挿し、発根するまで高温条件下で保持する緑枝挿しを行う (Olien 2001)。

アメリカ合衆国におけるマスカディンブドウの果実重量は、野生種 1.5 g~4.7 g、栽培品種 2.6 g~11.5 g (Mortensen and Balerdi 1974、Mortensen and Harris 1989)、可溶性固形物含量は野生種で 7.4~14.0% (Goldy 1992)、栽培品種で 12.8~21.3% (Armstrong *et al.* 1934) と報告されている。Mortensen and Balerdi (1974) の報告では、中央フロリダで栽培された 24 の栽培品種のうち、雌株は平均 0.68 t/10 a、両性株は平均 1.04 t/10 a であり、最も高い収量となったのは Carlos の 1.93 t/10 a であった。Mortensen and Harris (1989) の報告では、30 の栽培品種

の収量は、0.11~1.99 t/10 a、そのうち雌株は0.11~1.19 t/10 a、両性株は0.36~1.99 t/10 aとある。本圃場のマスカディンブドウの植栽間隔は、約2 mで、仮に条間を4 mに設定すると、1225本/haとなる。この条件で本報告から10 aあたりの収量を計算すると、最低がHowardの0.08 t/10 a、最大がHigginsの0.80 t/10 aで、平均0.22 t/10 a、雌株は平均0.31 t/10 a、両性株は平均0.17 t/10 aとなった。このように、本報告における収量はアメリカ合衆国栽培地での標準的収量よりはるかに少なくなっている。しかし、例外的に本圃場のHigginsの収量(0.8 t/10 a)は、雌株の平均収量0.68 t/10 a (Mortensen and Balerdi 1974)を上回り、雌株の収量の範囲0.10~1.19 t/10 a (Mortensen and Harris 1989)でも優位な値となった。Higgins以外の二倍体品種は、樹勢が強く、栄養成長が盛んであったことから、過繁茂による日照不足のために花芽発育の不良が生じている可能性が考えられる。また、供試したほとんどの品種においてひと房当たりの着果粒数は10粒以下であったことから、マスカディンブドウの開花期(6月中旬~下旬)と梅雨時が重なることで花粉媒介昆虫の働きが弱く、受粉率の低下を引き起こしているかもしれない。これらを改善するためには、植栽間隔を広げることや、適切な枝梢管理が必要と考えられる。一方、Higginsは、樹勢が弱く夏季剪定をしなくても樹冠面積は1.5 m×1.5 m程度に収まっていたので、2倍に密植(2 m×2 m間隔)すると約1.6 t/10 aの収量が得られることとなり、日本の生食用ブドウなみの収量(1.5~2.0 t/10 a)が期待できる。

V. vinifera や *V. labruscana* では、果皮にレスベラトロールが存在するが、果肉にはレスベラトロールは存在しないこと (Jeandet *et al.* 1991) や、種子には少量のレスベラトロール (1.0~1.1 µg/g) しか存在しないこと (Jeandet *et al.* 1995) が報告されている。一方、マスカディンブドウの生鮮果実の平均レスベラトロール濃度は、果皮 33.67 µg/g、果肉 0.10 µg/g、種子 59.94 µg/g と報告されている (Ector *et al.* 1996)。本実験でも、マスカディンブドウの種子に高含量のレスベラトロールが含まれていることが認められ、特に Doreen の種子は、62.18 µg/g と高い含有量を示し、Ector *et al.* (1996) の示した種子の平均値 (59.94 µg/g) を上回った。一方、果皮にもレスベラトロールは存在したが、その値は

Ector *et al.* (1996) の示した値の1/6程度と低い値を示した。紫外線を照射するとブドウ果皮のレスベラトロール濃度が増加する (小林ら 2008, Jeandet *et al.* 1991) ことなどから、本圃場のマスカディンブドウ樹は樹勢が旺盛で、果実が樹冠の影に入り、レスベラトロールの蓄積が進まなかったことが考えられる。また、果実の過熟に伴って、レスベラトロール濃度が減少することも報告されており (Jeandet *et al.* 1995)、分析に用いた果実の収穫期が果皮のレスベラトロールの最大値を示す時期より遅かった可能性がある。一方、種子のレスベラトロールは紫外線や過熟による影響をあまり受けないので比較的高い数値が保たれたと思われる。また、黒色品種はブロンズ色品種より高いレスベラトロール濃度を示したことは、Ector ら (1996) の報告と一致した。なお、実験に供試した品種群は1960年代までに育種された品種であり、アメリカ合衆国ではその後現在までに、Higgins を育種母本としてより大粒で高品質となる品種 Fry や Fry と同等の果粒サイズと品質を持ち両性花をつける Summit、Triumph、Golden Isles、Tara、Scarlett などが育成されている (Conner 2009) ことから、わが国にもこれらの品種の導入試験を行う必要がある。

一方、巨峰系品種群などのように既存の品種の四倍体を利用して大粒化を図るわが国の生食ブドウの品種育成法に倣い、マスカディンブドウの大粒化を進めるには所有する品種を四倍体化する方法がある。実験に供試した Kosobe 4x は元の二倍体である Kosobe と比較して果実の大粒化や樹勢がコンパクトになることが確認されたが、周囲に花粉を供給する四倍体が存在しないこともあり非常に結実が不安定であり、着果した果実から得られた種子は胚がなく中身が空洞で、発芽能力をもたないことがわかった。このことから、Kosobe 4x は二倍体品種の花粉を受粉しても、受精胚を発達させることなく果実を結実する偽単為結果能力をもつが、その能力は不安定であると考えられた。今後、四倍体における果実品質および種子中のレスベラトロール濃度を明らかにするためには、花粉を有する四倍体(両性株品種の四倍体)を作出することが必要である。また、Kosobe 4x は新梢成長が小さく副梢発生もほとんどないことから、四倍体マスカディンブドウは樹冠内が明るく、果実に直射日光が届きやすい状態となるの

で、果皮のレスベラトロール含有量が高くなる可能性が考えられる。現在、両性株品種の四倍体育成を進めており、今後これらの成育および果実収量と品質について調査を進める予定である。

謝 辞

本研究において貴重なマスカディンブドウ品種コレクションを譲渡頂いた元村佳恵氏（弘前大学農学部元教授）に深謝いたします。また、マスカディンブドウの栽培管理に尽力いただいた、京都府立大学生命環境学部附属農場技術職員の皆様にも厚く御礼申し上げます。

要 約

京都府立大学生命環境学部附属農場に植栽されるマスカディンブドウ (*Vitis rotundifolia* Michx.) 14 品種 (Bountiful, Burgau, Carlos, Dearling, Doreen, Higgins, Hunt, Howard, Luola, Magnolia, Memory, Nesbit, Roanoke, Thomas) および Kosobe 系統ならびにその四倍体 Kosobe 4x において枝梢の成長量および果実の収量と品質、ならびにレスベラトロール濃度について 2009～2010 年において調査を行った。品種間では Higgins が、冬季剪定枝重量および新梢成長が小さく副梢発生もほとんどなかった。Kosobe 4x は元の二倍体 Kosobe 系統に比べ新梢成長が非常に小さく、より大きな果実を着生した。このことはマスカディンブドウの四倍体は元の二倍体に比べコンパクトな成長をし、大きな果実をつけることを示唆している。2009 年の収穫果実において、果粒重 2.7～10.9 g (最大は Higgins)、直径 16.5～26.2 mm (最大は Higgins)、TSS 12.3～19.9% (最高は Hunt) となった。また、収量は 0.08～0.80 t/10 a (最大は Higgins) となった。レスベラトロール濃度は、種子で 9.14 (Howard) ～61.87 μg/g 新鮮重 (Doreen) の範囲で平均 27.45 μg/g、果皮で 1.55 (Luola) ～15.01 μg/g (Nesbit) の範囲で平均 5.63 μg/g の値を示した。

文 献

Adrian, M., P. Jeandet, A. C. Breuil, D. Levite, S. Debord and R. Bessis. 2000. Assay of resveratrol and derivative stilbenes high performance liquid chromatography. *Amer. J. Enol. Vitic.* 52: 37-41.

Arichi, H., Y. Kimura, H. Okuda, K. Baba, M. Kozawa and

S. Arichi. 1982. Effects of stilbene components of the roots of *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. on lipid metabolism. *Chem. Pharm. Bul.* 30: 1766-1770.

Armstrong, W. D., T. A. Pickett and M. M. Murphy, Jr. 1934. Muscadine grapes (*Vitis rotundifolia* Mich.) in central Florida. *HortScience* 4: 252-253.

Conner, P. J. 2009. A Century of Muscadine Grape (*Vitis rotundifolia* Michx.) Breeding at the University of Georgia. *Acta Hort.* 827: 481-484.

Creasy, L. L. and M. Coffee. 1988. Phytoalexin production potential of grape berries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113: 230-234.

Ector, B. J. 2001. Compositional and nutritional characteristics. pp. 341-367. In: Basiouny, M. and D. G. Himelrick (eds.) *Muscadine grapes*. ASHS Crop Production Series.

Ector, B. J., A. S. Welch, C. P. Hegwood and M. J. Coign. 1996. Resveratrol concentration in muscadine berries, juice, pomace, purees, seeds, and wines. *Amer. J. Enol. Vitic.* 47: 57-62.

Einset, J. and C. Pratt. 1975. Grapes. pp. 130-153. In: J. Janick and J. N. Noore (eds.), *Advances in fruit breeding*. Purdue Univ. Press. West Lafayette, Ind.

Frankel, E. N., A. L. Waterhouse and J. E. Kinsella. 1993. Inhibition of human LDL oxidation by resveratrol. *Lanset* 341: 1103-1104.

Goffinet, M. C., M. J. Welser and D. G. Himelrick. 2001. pp. 15-50. Anatomy and morphology. In: Basiouny, M. and D. G. Himelrick (eds.) *Muscadine grapes*. ASHS Crop Production Series.

Goldy, R. G. 1992. Breeding muscadine grapes. *Hort. Rev.* 14: 357-405.

Herdrick, U. P. 1908. The grapes of New York. The report of the New York Experimental Station for the Year 1907(2), J. B. Lyon.

Hudson, T. S., D. K. Hartle, S. D. Hursting, N. P. Nunez, T. T. Y. Wang, H. A. Young, P. Arany, and J. E. Green. 2007. Inhibition of prostate cancer growth by muscadine grape skin extract and resveratrol through distinct mechanisms. *Cancer Res.* 67: 8396-8450.

Jang, M., L. Cai, G. O. Udeani, K. V. Slowing, C. F. Thomas, C. W. W. Beecer, H. H. S. Fong, N. R. Farnsworth, A.

- D. Kinghorn, R. G. Mehta, R. C. Moon, and J. M. Pezzuto. 1997. Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes. *Science* 275: 218-220.
- Jeandet, P., R. Bessis, and B. Gautheron. 1991. The production of resveratrol (3, 5, 4'-trihydroxy-stilbene) by grape berries in different developmental stages. *Amer. J. Enol. Vitic.* 42: 41-46.
- Jeandet, P., R. Bessis, and M. Sbaghi. 1995. Production of the phytoalexin resveratrol by grape as a response to *Botrytis* attack under natural condition. *J. Phytopathol.* 143: 135-139.
- Kimura Y, Okuda H, Arichi S. 1985. Effects of stilbenes on arachidonate metabolism in leukocytes. *Biochem. Biophys. Acta.* 834: 275-278.
- 小林弘憲・鈴木由美子・上野 昇・勝野泰朗・味村興成・齋藤 浩・金野知典. 2008. ブドウ‘マスカット・ベリーA’生育期間中における各種ストレス処理が 果粒中のレスベラトロール含有量に及ぼす影響. *J. ASEV Jpn.* 19: 10-17.
- Langcake, P. and R. J. Pryce. 1976. The production of resveratrol by *Vitis vinifera* and other members of the Vitaceae as a response to infection or injury. *Physiol. Plant Pathol.* 9: 77-86.
- Mortensen, J. A and C. F. Balerdi. 1974. Muscadine grapes for Florida: Yields and other characteristics of 48 cultivars. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 86: 338-341.
- Mortensen, J. A. and J. W. Harris. 1989. Yields and other characteristics of muscadine grape cultivars at Leesburg. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 101: 229-232.
- Motosugi, H., K. Okudo, D. Kataoka and T. Naruo. 2002. Comparison of growth characteristics between diploid and colchicine-induced tetraploid grape rootstocks. *Journal of Japanese Society Horticultural Science* 71: 335-341.
- Mullins, M. G., A. Bouquent, and L. E. Williams. 1992. Chapter 2, The grapevine and its relatives. In: *Biology of the grapevine*. Cambridge Univ. Press, N. Y.
- Munson, T. V. 1909. *Foundations of American grape culture*. T. V. Munson and Son, Dension, Texas.
- Naugler, C., J. L. McCallum, G. Klassen and J. Strommer. 2007. Concentration of trans-resveratrol and related stilbenes in Nova Scotia wines. *Amer. J. Enol. Vitic.* 58: 117-119.
- 農林水産省. 2009. 平成 21 年産特産果樹生産動態等調査 ぶどう (生食用). (<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001084649>)
- 奥田 徹. 2008. ワイン中のレスベラトロール濃度の測定. 2008. 食品機能性の科学編集委員会編 食品機能性の科学. 1080-1083. フジ・テクノシステム.
- Olien, W. C. 1990. The muscadine grape: botany, viticulture, history, and current industry. *HortScience* 25: 732-739.
- Olien, W. C. 2001. Introduction to the Muscadines. pp. 1-13. In: Basiouny, M. and D. G. Himelrick (eds.) *Muscadine grapes*. ASHS Crop Production Series.
- Renaud, S. and M. De Lorgeril. 1992. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet* 339: 1523-1526.
- Sanford, J. C. 1983. Ploidy manipulations. pp. 100-135. In: J. N. Moore and J. Janick (eds.). *Methods in fruit breeding*. Purdue University Press, West Lafayette, Indiana.
- 佐藤充克. 1997. レスベラトロールについて *J. ASEV Jpn* 8: 32-35.
- Williams, C. F. 1923. Hybridization of *Vitis rotundifolia*. Inheritance of anatomical stem characters. *North Carolina Agr. Expt. Sta. Tech. Bul.*