

岡山大学農学報 (60), 1 - 9 (1982)

ブドウ“マスカット・オブ・アレキサンドリア”の 果粒の肥大及び成熟に及ぼす地温の影響

久保田尚浩・島村和夫

(果樹園芸学研究室)

Received July 1, 1982

Effects of Root Temperature on Berry Growth and Berry Composition of Muscat of Alexandria Grapes

Naohiro KUBOTA and Kazuo SHIMAMURA

(Laboratory of Pomology)

The effects of root temperature on the berry growth and the berry composition were investigated using 2-year-old Muscat of Alexandria grapevines (rootstock: H. F.) grown under the root temperatures of 18, 20, 25, 30 and 33°C. Two experiments were carried out for the time of root temperature control, during the period from setting to veraison (period I and II) and from veraison to harvest (period III).

1) When the root temperature was kept at 25°C or higher during period I and II, berry enlargement was promoted, and the berry weight at harvest was also heavier in 30 and 33°C plots than in other plots. In the experiment during period III, however, no notable difference in berry growth was observed among the plots. In both experiments, the number of berries per cluster at harvest was smaller in 30 and 33°C plots than in other plots, because some berries were injured by physiological disorders such as shrunk of berry before ripening.

2) In the experiment during period I and II, the level of total soluble solids in harvested berries was little affected by root temperature, but it was higher in the plots kept below 25°C than those grown at 30 and 33°C during period III. The level of titratable acids was lower in the plots kept at 20°C or lower during period I and II, but the experiment during period III made no difference.

3) Glucose and fructose were the predominant sugars in the juice of Muscat of Alexandria berries. At veraison, the concentration of glucose was about threefold greater than that of fructose, but the latter was greater than the former at harvest, regardless of root temperature. The major organic acids in berries were malic and tartaric acids. The concentration of malic acid was about three times as much as that of tartaric acid at veraison, but both levels were very close in all the plots at harvest. Differences of both glucose/fructose ratio and malic acid/tartaric acid ratio among the plots were not significant.

緒 言

ブドウ果粒の肥大や成熟が温度、とくに気温条件によって著しく異なることは、これまでの報告^{1,6,7,9)}からも明らかであるが、地温条件との関係を調査したものは少ない。中村¹⁴⁾はブドウ“テラウエア”について地温処理を行い、果粒肥大に及ぼす影響はほとんど認められないが、肥大期以後の処理では糖や酸の含量及びその組成が地温により異なることを報告している。一方、筆者ら¹¹⁾は、ブドウ“マスカット・オブ・アレキサンドリア”の果肉細胞の分裂終了期までの地温はその後の果粒肥大に大きく影響することを報告した。

本報告は、鉢植えの“マスカット・オブ・アレキサンドリア”を用いて、果粒の肥大期（結実直後から成熟開始期まで）と成熟期（成熟開始期から収穫時まで）に地温処理を行い、果

粒の肥大及び成熟に及ぼす地温の影響を調査したものである。

材 料 と 方 法

実験Ⅰ 果粒肥大期における地温の影響（以下肥大期処理という）

無加温のビニールハウス内で、1/2000アールのワグナーポットに1本植えとし、各個体、1新しょう（13節を残して摘心）1花穂として養成した“マスカット・オブ・アレキサンドリア”の接ぎ木2年生苗（H.F.台）を供試した。1976年6月17日（満開約2週後）に果房当りの果粒数を30粒に制限したのち、既報¹⁰⁾の装置を用いて地温を18、20、25、30及び33°Cの5段階（各区4個体）に調節した。成熟開始期（軟化始め）の7月31日に処理を終了し、以後収穫時（9月23日）まで同じハウス内で管理した。処理開始から収穫時まで経時的に、果粒の縦・横径を測定するとともに、収穫時には果房重、果粒数、果粒重及び種子数を調査した。また、二重ガーゼでしぼった果汁を用いて、可溶性固形物含量（検糖計）と滴定酸含量（0.1N-NaOHで滴定後酒石酸換算）を調査した。

実験Ⅱ 果粒の成熟期における地温の影響（以下成熟期処理という）

実験Ⅰと同様な方法で養成した“マスカット・オブ・アレキサンドリア”の接ぎ木2年生苗（H.F.台）を用いて、1977年7月14日（成熟開始期）から9月8日（収穫時）まで、地温を18、20、25、30及び33°Cの5段階（各区4個体）に調節した。結実直後に、果房当りの果粒数を約35粒に制限した以外は、実験Ⅰとほぼ同様な調査を行った。また、処理終了時に新根の発生量を観察した。

果粒の糖及び有機酸組成の変化をみるために、処理開始から収穫時まで2週間ごとに、各処理区5～7粒を採取し、分析時まで-20°Cで貯蔵した。これら試料を解凍したのち、二重ガーゼでさく汁し、その2mlをイオン交換樹脂アンバーライトIR120（H⁺）とIR45（OH⁻）を連結したカラムに注入し、脱塩水50mlでカラムを洗い、流出した液を集めて糖区分とした。次に、洗浄後のIR45カラムに2N-NH₄OH50mlを通し、溶出した液をロータリーエバポレーターを用いて60°C以下で濃縮乾固したのち、残留物を5mlの脱塩水に溶解させて有機酸区分とした。こうして得られた糖及び有機酸区分の一定量を高速液体クロマトグラフィー（日立638型）に直接注入し、あらかじめ作成した検量線から糖についてはブドウ糖と果糖、有機酸についてはリンゴ酸と酒石酸の含量を測定した。

結 果

実験Ⅰ 肥大期処理における地温の影響

果粒肥大（Fig. 1）についてみると、30、33°Cの両区では処理開始後の肥大が20°C区や18°C区よりもすぐれ、この傾向が処理終了後も続いた。25°C区においては、処理終了時までには30、33°Cの両区とほぼ同様に肥大したが、その後の肥大は、縦径には30°C以上の区と相違なかったものの、横径の生長が劣った。このため、収穫時の平均果粒重（Table 1）は33°C区（8.3g）で最もすぐれ、ついで30°C区、25°C区の順であり、18°C区と20°C区では7.3～7.4gといく分小さかった。ところが、30°C以上の区、とくに33°C区では果房当りの果粒数が少ないため、果房重は25°C区の204.5gが最高で、ついで20、30°Cの両区ですぐれ、33°C区では166.8gと最も劣った。なお、果粒当りの種子数はいずれの区も3個以上で、処理区間での明確な傾向は認められなかった。

収穫時における果汁の可溶性固形物含量には処理区間での顕著な差は認められず、いずれの区も15.6～16.7°Brixの範囲にあったが、滴定酸含量は25°C以上の区よりもこれ以下の区において低かった（Table 1）。

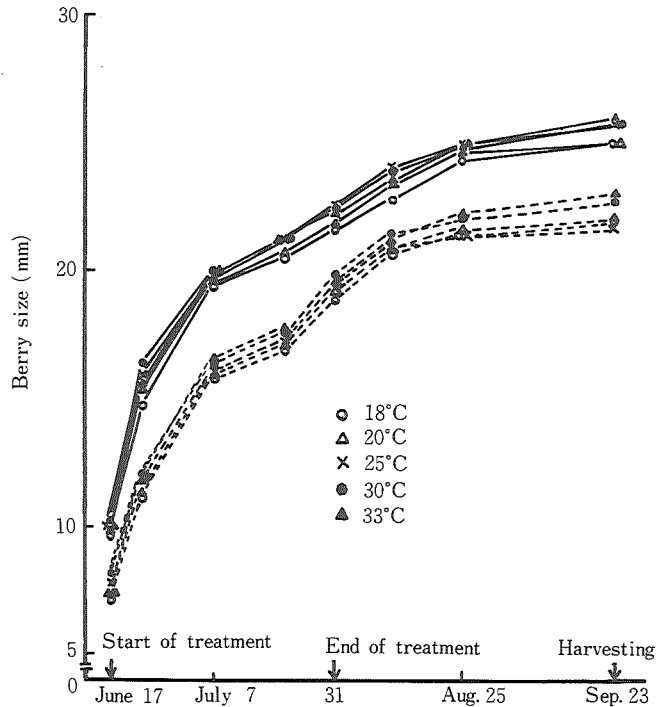


Fig. 1 Effect of root temperature on berry growth of Muscat of Alexandria grapes.
Closed line: length, broken line: diameter.

Table 1 Effect of root temperature on berry growth and berry composition of Muscat of Alexandria grapes*

Root temp. (°C)	Cluster weight (g)	No. of berries per cluster	Berry weight (g)	Size of berry (mm)		No. of seeds per berry	Total soluble solids (°Brix)	Titratable acidity (%)
				Length	Diameter			
18	192.8	25.0	7.4	25.0	21.9	3.5	16.7	0.36
20	202.8	27.0	7.3	25.0	22.0	3.0	16.3	0.40
25	204.5	25.3	7.9	25.8	21.7	3.3	15.9	0.48
30	195.0	23.3	8.1	25.8	22.7	3.7	16.4	0.45
33	166.8	19.3	8.3	26.0	23.1	3.4	15.6	0.46

* All fruit clusters were harvested on September 23, 1976.

実験Ⅱ 成熟期処理における地温の影響

果粒肥大 (Fig. 2) は、縦・横径ともに18, 20°Cの両区でいく分すぐれ、収穫時の平均果粒重 (Table 2) もこの両区 (8.6g) で最もすぐれたが、いずれの区も8.4~8.6gの範囲であり、処理区間での差はほとんど認められなかった。肥大期処理と同様に成熟期処理でも、30°C以上の区では果房当りの果粒数が少なく、このため果房重は地温が高いほど小さい傾向であった。

収穫時の可溶性固形物含量 (Table 2) は25°C区が最も多く、30°C以上の区では明らかに劣る傾向がみられた。滴定酸含量には処理区間での顕著な差は認められず、いずれの区も

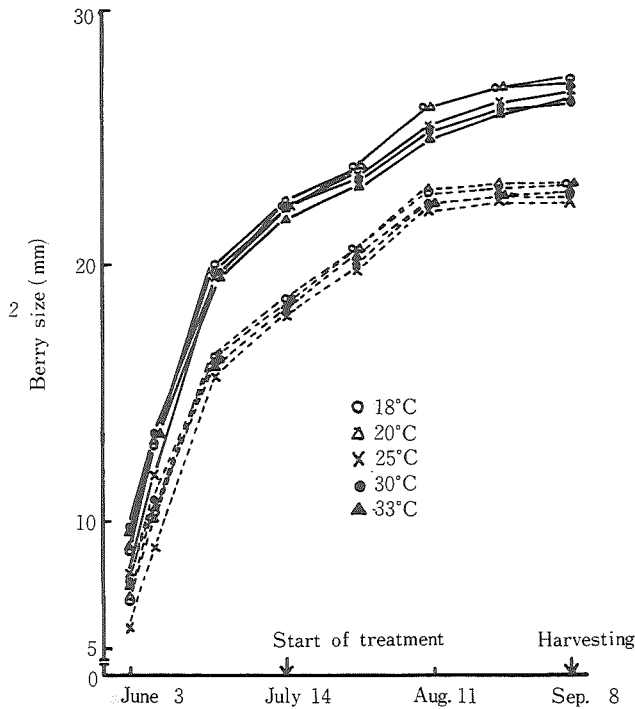


Fig. 2 Effect of root temperature on berry growth of Muscat of Alexandria grapes.
Closed line: length, broken line: diameter.

Table 2 Effect of root temperature on berry growth and berry composition of Muscat of Alexandria grapes*

Root temp. (°C)	Cluster weight (g)	No. of berries per cluster	Berry weight (g)	Size of berry (mm)		Total soluble solids (°Brix)	Titratable acidity (%)	Volume of new roots**
				Length	Diameter			
18	210.8	23.5	8.6	26.6	22.8	19.0	0.38	+
20	210.5	23.5	8.6	26.8	23.0	18.9	0.34	++
25	206.3	23.5	8.5	26.6	22.8	19.6	0.38	+++
30	179.5	21.3	8.4	26.2	22.8	17.8	0.35	++
33	171.3	19.8	8.4	26.4	23.0	16.8	0.36	+

* All fruit clusters were harvested on September 8, 1977.

** Measured at harvesting, +: few, ++: middle, +++: much.

0.34~0.38%の範囲であった。なお、処理終了時(収穫時)における新根発生量は25°C区で最も多く、ついで20、30°Cの両区ですぐれたのに対して、18°C区と33°C区では著しく少なかった。

Fig. 3は果粒の成熟開始から2週間後における糖区分の高速液体クロマトグラム(HPLC)を示したものである。主要な糖はブドウ糖と果糖で、未同定の小さなピークが1つ検出されたが、定量は前の2種についてのみ行った。これら2種の糖の成熟開始期(処理開始)から収穫時までの含量の変化をFig. 4に示した。処理開始時には、いずれの区もブドウ糖は果糖の約3倍あったが、その後ブドウ糖が急減したのに対し、果糖は急速に増加し、2週間後にはブドウ糖よりも果糖含量が高くなり、この傾向は収穫時まで続いた。30°C以上の区では、収穫時のブドウ糖及び果糖含量が25°C以下の各区よりも低かった。なお、収穫果粒の果糖と

ブドウ糖の量的割合には処理区間での明確な傾向は認められなかった。

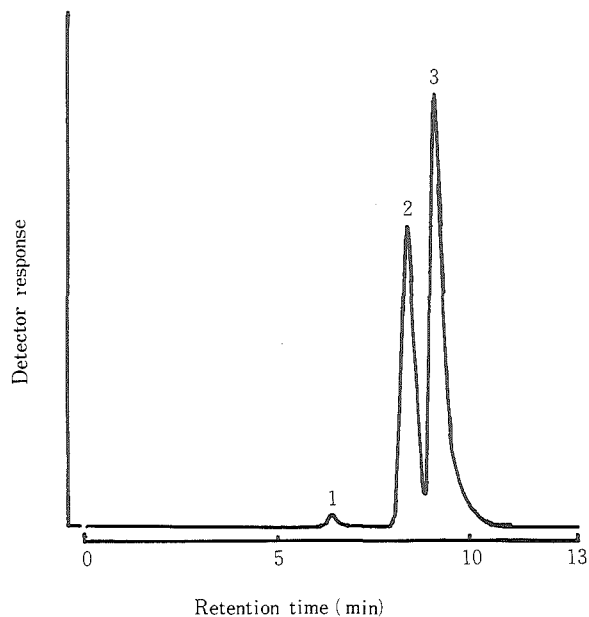


Fig. 3 High performance liquid chromatogram of glucose and fructose in berries of Muscat of Alexandria grapes.
Operating conditions : column, 8 mm \times 50 cm, stainless steel; packing, Hitachi resin #2618 (H^+); column temp., 15°C; mobile phase; water at 1 ml/min (pressure, 35 kg/cm²); detector, Shodex RI model SE-11. Peaks : 1, unidentified; 2, glucose; 3, fructose.

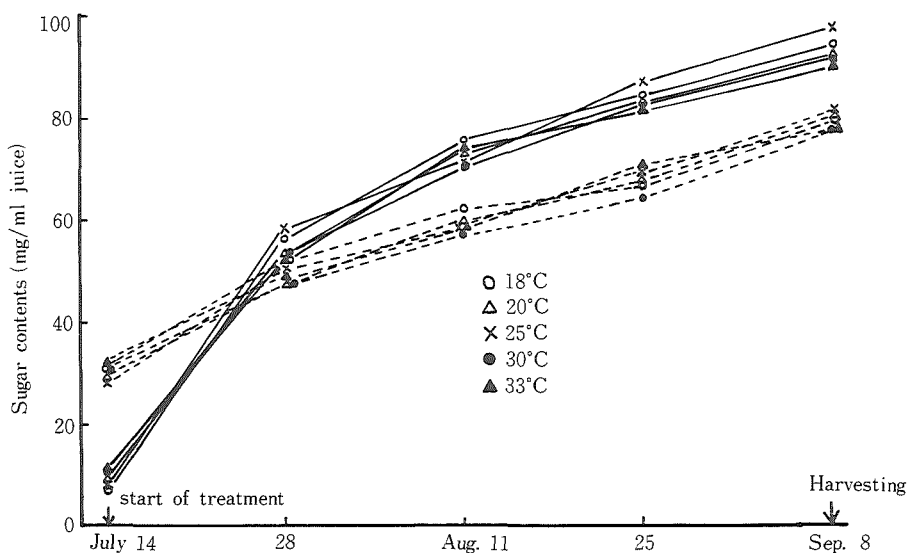


Fig. 4 Effect of root temperature on sugar contents in berries of Muscat of Alexandria grapes.
Closed line : fructose, broken line : glucose.

Fig. 5 は成熟開始期における有機酸区分のHPLCを示したものである。主要な有機酸はリンゴ酸と酒石酸で、未同定の小さなピークが1つ検出されたが、定量は前の2種についてのみ行った。また、未同定の大きなピークが1つ検出されたが、後述するようにブドウ果粒の主要な有機酸はリンゴ酸と酒石酸とされており、したがってこのピークは有機酸以外のものである可能性が強いように思われた。成熟開始期(処理開始)から収穫時までのリンゴ酸と酒石酸含量の変化をFig. 6に示した。成熟開始期にはリンゴ酸含量が酒石酸含量の約3倍あったが、その後酒石酸含量が徐々に低下したのに対して、リンゴ酸含量の変化はきわめて大きかった。すなわち、酒石酸含量は処理開始後少しずつ減少し、4週間後にはほぼ最小値に達したが、リンゴ酸含量はいずれの区も最初の2週間でほぼ半減し、その後もこの減少傾向が続く。収穫時には酒石酸含量と同程度になった。リンゴ酸、酒石酸ともに採取時期による変動が大きかったが、収穫時にはその差は少なく、またその量的割合には処理区間で一定の傾向は認められなかった。

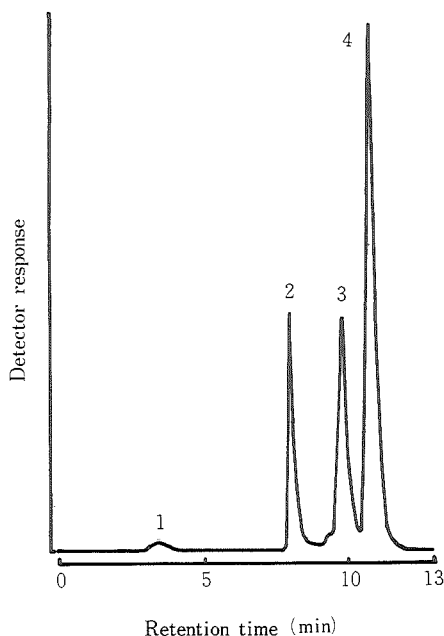


Fig. 5 High performance liquid chromatogram of malic acid and tartaric acid in berries of Muscat of Alexandria grapes.

Operating conditions: column, 8 mm × 50 cm, stainless steel; packing, Hitachi resin #2618(H⁺); column temp., 30°C; mobile phase, 0.05% H₃PO₄ at 1 ml/min (pressure, 20 kg/cm²); detector, UV photometer (210 nm). Peaks: 1, unidentified; 2, unidentified; 3, tartaric acid; 4, malic acid.

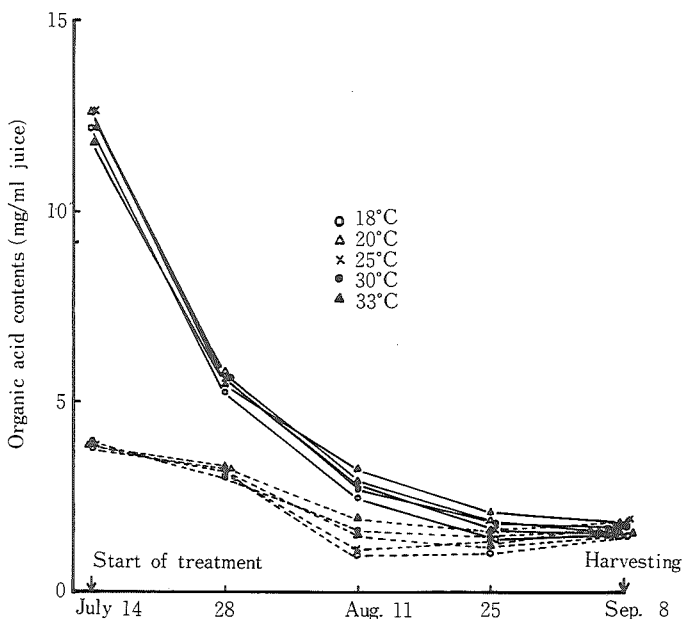


Fig. 6 Effect of root temperature on organic acid contents in berries of Muscat of Alexandria grapes. Closed line: malic acid, broken line: tartaric acid.

考 察

果粒肥大

筆者ら¹¹⁾は、果肉細胞の分裂終了期までの地温はその後の果粒肥大にも影響することをすでに報告したが、本実験においても肥大期処理では地温の影響がみられ、収穫時の果粒重は地温が高いほどすぐれた。ところが、後述するように果粒重のすぐれた30°C以上の区では果房当りの果粒数が少なく、したがって果房重は小さかった。果粒肥大のこの段階においては、果肉細胞、とくに果粒肥大に大きく影響する内壁細胞の分裂はほぼ終了し、個々の細胞の増大に移行していたと思われることから^{13,16)}、果粒肥大の地温による差は細胞肥大の違いによるものと考えられる。とくに、収穫時の果粒重がすぐれた30°C以上の区では処理開始直後の肥大が大きいため、この時期に根で吸収された養分や新たに根で生産されたある種の植物ホルモンが、細胞、ひいては果粒の肥大に影響したことが考えられる。ブドウの根あるいは樹液中のIAA及びジベレリン類似物質の濃度が地温により速くに変化すること、さらにはサイトカイニンの濃度や組成が地温条件により異なることなどが報告されている^{14,17,20)}。一方、成熟期処理では、果粒肥大への影響はほとんど認められなかった。果粒肥大のこの段階においては、根で吸収もしくは生成された物質よりも葉での同化養分の生産や、それらの果粒への転流、蓄積の方が果粒肥大に寄与する割合は高いと思われるが、本実験の温度範囲では果粒肥大に差をもたらすだけの同化養分の転流や蓄積はみられなかったといえる。なお、本実験で設定した地温は18°Cから33°Cまでで、これまでの筆者らの報告^{10,11)}よりも最低地温が高いが、これは処理時期が真夏にあたることを考慮したためである。

中村¹⁴⁾は“デラウエア”を用いて地温処理(21~35°C)を行い、果粒肥大のいずれの段階においても肥大への影響は認められないことを報告しているが、筆者らのこれまでの報告¹¹⁾や本実験の肥大期処理でみられたように、少なくとも成熟開始前までの地温は“マスカット・オブ・アレキサンドリア”の果粒肥大に影響することが考えられた。このような相違が何に起因するのかは明らかでないが、“マスカット・オブ・アレキサンドリア”は“デラウエア”に比べて、大粒種であること、開花から成熟までに長期間を要することなどが関係しているのかもしれない。

本実験においては、収穫時の果房当りの果粒数を肥大期処理では30粒に、また成熟期処理では約25粒になるように調整していたが、収穫果房の粒数は地温条件により大きく異なり、両処理ともに30°C以上の区、とくに33°C区の果粒数は著しく少なく、このため、果房重はこの区で最も小さかった。このような果粒数の減少は縮果病、日射病、果軸病などのいわゆる果粒の生理障害の発生によるもので、肥大期処理ではこれらすべてが、また成熟期処理では果軸病が発生したが、地温30°C以上では、これら障害果の発生が助長されたわけで、果粒の肥大期及び成熟期における30°C以上の地温は明らかに高すぎるとと思われる。本実験の範囲ではその原因は明らかでないが、GURら²⁾はリンゴについて、地温が高すぎると嫌気呼吸の産物であるエタノールやアセトアルデヒドが根に蓄積されることを報告している。

果粒の成熟、糖及び有機酸の組成

本実験での収穫時の可溶性固形物含量は、肥大期処理では処理区間に差がみられず、成熟期処理では30°C以上の区よりも25°C以下の区で多く、一方滴定酸含量は肥大期処理ではおおむね地温が低い区で少ない傾向であったが、成熟期処理では地温による顕著な差は認められなかった。これらの結果は、供試材料や処理条件が異なるためこれまでの報告^{14,19)}と必ずしも一致するものではないが、中村¹⁴⁾が示唆するように、成熟に及ぼす地温の影響は、気温条件との関係で調査したこれまでの報告^{5,8,18)}とは異なり、樹体の果実以外の部分の生長との

関連において考察できよう。すなわち、成熟期処理では30°C以上の区よりも25°C以下の区で可溶性固形物含量が多かったが、他方、処理終了時の新根発生量は18°C区と33°C区で最も少なかった。このことは、18°C区ではこの時期に葉で生産された養分の根への移行が抑えられたのに対して、33°C区では根の呼吸活性が高いことに加えて、新根の更新が早いことから根で消もうされる同化養分の割合が多く、果実への転流が抑えられたことによるものと思われる。一方、肥大期処理では、処理終了後約50日を経てから収穫されたものであること、またブドウ果粒は成熟段階に入ってから急激な糖の蓄積と酸の減少が平行しておること⁴⁾などから、この時期までの地温が果粒の成熟に及ぼす影響は小さいと思われる。

ブドウ果粒の主要な糖はブドウ糖と果糖であることが知られており^{4,15)}、“デラウエア”では成熟開始までは果糖含量よりもブドウ糖含量がいく分多いが、その後は果糖含量が多くなることが報告されている^{3,12)}。“マスカット・オブ・アレキサンドリア”を用いた本実験では、成熟開始期のブドウ糖含量は果糖含量の約3倍あったが、その後は果糖含量の方が多くなり、収穫時においても果糖はブドウ糖よりも10~20%多かった。しかしながら、いずれの地温においてもその量的割合には顕著な差は認められず、中村¹⁴⁾の“デラウエア”での報告とは異なる結果であった。この相違が、台木をも含めた品種の違いによるものか、あるいは分析方法の違いによるものかは明らかでない。

ブドウ果粒の主要な有機酸としてはリンゴ酸と酒石酸が明らかにされておき^{4,15)}、“デラウエア”では成熟開始期にはリンゴ酸が酒石酸よりもいく分多く、収穫時には両者がほぼ等しくなることが報告されている^{3,12)}。本実験では、成熟開始期にはリンゴ酸含量が酒石酸含量の約3倍あったが、収穫時には“デラウエア”と同様に両者はほぼ等しくなり、それらの変化についてはこれまでの報告⁵⁾とおおむね一致した。糖の場合と同じように、採取時期による変動が大きかったが、少なくとも収穫時の果粒に関しては、リンゴ酸と酒石酸の量的割合が地温により大きく異なるということにはなかった。ZELLEKEら²⁰⁾は台木の異なるブドウ“カベルネ・ソーヴィニオン”を用いて発芽期から収穫期まで地温処理を行い、滴定酸含量には差がみられないが、台木によっては地温の低い区でリンゴ酸含量が多いことを報告している。

以上のことから、“マスカット・オブ・アレキサンドリア”の果粒の肥大期及び成熟期における30°C以上の地温は、この時期の地温条件としては高すぎると思われた。

摘 要

ブドウ“マスカット・オブ・アレキサンドリア”の接ぎ木2年生苗(H.F.台)について、結実から成熟開始まで(果粒肥大の第Ⅰ~Ⅱ期)と成熟開始から収穫まで(同第Ⅲ期)に地温処理(18, 20, 25, 30及び33°C)を行い、果粒の肥大及び成熟に及ぼす地温の影響を調査した。

1) 第Ⅰ~Ⅱ期の処理では、25°C以上の区で果粒の肥大がすぐれ、収穫時の果粒も30°Cと33°Cの両区で重かった。第Ⅲ期の処理では果粒肥大への影響はほとんど認められなかった。いずれの時期の処理でも、30°C以上の区では果軸病その他の果粒の生理障害が発生したために収穫時の果房当りの果粒数が少なかった。

2) 可溶性固形物含量は、第Ⅰ~Ⅱ期の処理では差がみられなかったが、第Ⅲ期の処理では25°C以下の各区よりも30, 33°Cの両区で少なかった。滴定酸含量は、肥大期処理では20°C以下の区で少なかったが、第Ⅲ期の処理では差は認められなかった。

3) 果粒の主要な糖はブドウ糖と果糖であり、成熟開始期にはブドウ糖含量は果糖含量の約3倍あったが、収穫時にはいずれの地温においても果糖含量の方が多かった。主要な有機酸はリンゴ酸と酒石酸で、成熟開始期にはリンゴ酸含量が酒石酸含量の約3倍あったが、収穫

時には両者はほぼ等しくなった。糖及び有機酸ともに、地温による組成比の相違は認められなかった。

謝 辞

高速液体クロマトグラフィーの使用にあたっては、本学農学部、稲葉昭次助教授及び伊東卓爾助手の御協力を得た。ここに記して感謝の意を表する。

文 献

- 1) BUTTROSE, M.S., C.R.HALE, and W.M.KLIEWER: *Amer. J. Enol. Vitic.* **22**, 71-75 (1971)
- 2) GUR, A., B.BRAVDO, and Y.MIZRAHI: *Physiol. Plant.* **27**, 130-138 (1972)
- 3) 稲葉昭次: “デラウエア”ブドウ果実の成熟に関する生理学的研究 (京大学位論文), (1975)
- 4) KLIEWER, W.M.: *Plant Physiol.* **41**, 923-931 (1966)
- 5) KLIEWER, W.M.: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **98**, 153-159 (1973)
- 6) KLIEWER, W.M. and L.A.LIDER: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **95**, 766-769 (1970)
- 7) 小林 章・行永寿二郎・板野 徹: *園学雑* **34**, 26-32 (1965)
- 8) KOBAYASHI, A., H.YUKINAGA, and E.MATSUNAGA: *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* **34**, 152-158 (1965)
- 9) KOBAYASHI, A., N.NII, K.HARADA, and K.KADOWAKI: *Mem. College of Agr., Kyoto Univ.* **93**, 35-42 (1968)
- 10) 久保田尚浩・木村 剛・島村和夫: *岡山大農学報* **53**, 1-9 (1979)
- 11) 久保田尚浩・島村和夫: *岡山大農学報* **59**, 11-20 (1982)
- 12) 松井弘之・湯田英二・中川昌一: *園学雑* **48**, 9-18 (1979)
- 13) NAKAGAWA, S. and Y.NANJO: *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* **34**, 85-95 (1965)
- 14) 中村怜之輔: ブドウ“デラウエア”の根圏温度に関する研究 (京大学位論文), (1968)
- 15) PEYNAUD, E. and P.RIBÉREAU-GAYON: *The Biochemistry of Fruit and Their Products* (HULME, A.C.ed.) **2**, 171-205, Academic Press, London and New York (1971)
- 16) 島村和夫・岡本五郎: *岡山大農学報* **46**, 17-23 (1975)
- 17) SKENE, K.G.M. and G.H.KERRIDGE: *Plant. Physiol.* **42**, 1131-1139 (1967)
- 18) 苫名 孝・宇都宮直樹・片岡郁雄: *園学雑* **48**, 261-266 (1979)
- 19) ZELLEKE, A. and W.M.KLIEWER: *Amer. J. Enol. Vitic.* **30**, 312-317 (1979)
- 20) ZELLEKE, A. and W.M.KLIEWER: *Vitis*, **20**, 93-104 (1981)

正 誤 表 (Errata)

頁 (Page)	行 (Line)	誤 (Erratum)	正 (Correct)
4	Fig. 2	Berry size (mm)	Berry size (mm)
21	2	胸深 (r = 0.484), 尻長 (r = 0.528),	胸深 (r = 0.484**), 尻長 (r = 0.528**),
40	17	プロ・ピオン酸	プロピオン酸
43	6	Tabl 5	Table 5
46	29—30	抑制遅延	抑制・遅延
51	Fig. 2	extracss	extracts