

ブドウ果実の着色に関する研究 (IV)

夏季の昼間の高温がデラウェア種果実の着色

および成熟に及ぼす影響

内藤 隆次^{*}・植田 尚文^{**}

Ryūji NAITŌ and Naobumi UEDA

Studies on the Coloration of Grapes (IV)

Effect of High Day-temperature in Summer on the Coloration
and Maturation of Delaware Grapes

緒 言

本邦中部以西では、デラウェア種果実の着色および成熟期が8月上、中旬で盛夏の時期に当たっており、高温との関係が問題となると思われる。すなわち WINKLER⁽¹⁾はカリフォルニアの各地域で、12°C以上の積算温度と着色度との関係を調べ、積算温度が過度に高い地方では着色がきわめて困難なことを認めている。また、小林⁽²⁾らは開花結実期以後の高夜温がデラウェア種果実の着色および成熟を遅延させると報告している。さらに、中川⁽³⁾らは本邦各地で栽培されている同種の生態を調べ、中部から西部に行くにしたがって着色が不良で成熟期も遅延する傾向があることを認め、その原因が夏季の高夜温にあると推定している。しかし、同種の原産地である米国北東部の気温と比較すると、これらの地域の夏季の昼温はかなり高く、その影響も無視できないと思われるが、同種

の着色と夏季の昼温との関係についてはまだ明らかにされていない。そこで本実験では、まず7月中旬以降の昼間の高温が果実の着色および成熟に及ぼす影響について調査した。

本実験を行なうに当り御助言をいただいた本学高馬進教授ならびに京都大学小林章教授に深謝の意を表する。

実験材料および方法

本実験は1962年、島根農科大学実験圃場で行なった。前年度よりポット栽培したデラウェア種3年生樹を材料とし、処理開始まで全供試樹を戸外で栽培した。新梢は5本仕立とし、副梢は1~2枚の葉を残して摘芯した。開花盛期は6月7日で、その後摘房を行なって、1結果枝当り2~3房、1樹12房とした。

基肥として前年12月にポット当りN15g、P₂O₅10g、K₂O 15gの割合で施用し、さらに追肥として当年3月上

Table 1. Experimental design of high day-temperature treatments for Delaware grapes

Plot	Period of the high day-temperature treatment in the glass house
Control	
High temp. from the 35th day after anthesis	July 12 - September 4
High temp. from the 55th day after anthesis	August 1 - September 4

Remarks : a) All plants were kept in the open field before the treatments started.
b) All windows of the glass house were closed in day time and opened at night, but if necessary, a part of them were opened in day time to keep out the overrise of room temperature.

Table 2. The air temperature inside and outside of the glass house (°C)

Date	Inside of the glass house		Outside of the glass house	
	Daily maximum	Daily mean in day time a)	Daily maximum	Daily mean in day time a)
July 17 - 31	36.8	34.2	32.1	30.8
August 1 - 21	36.1	32.6	32.0	29.8
August 22 - September 4	33.3	31.3	30.5	27.9

a) Mean of the air temperatures at 9, 11 a. m., 1, 3 and 5 p. m.

旬、各成分とも基肥の $\frac{1}{2}$ を施用した。なお5月下旬に加里のみ3月の追肥と同量施用した。

処理区の構成は第1表の通りで、開花後35日（7月12日）より高温および開花後55日（8月1日）より高温の2処理を行なった。すなわち、1区5ポットずつ、それぞれの日よりガラス室内に搬入し、対照として5ポットはそのまゝ戸外で栽培を続けた。処理期間中、ガラス室の天窓は常に開放し、側窓は毎日、午前8時より午後5時まで閉め切り、夜間は完全に開放して戸外と同温になるようにした。ただし、快晴の日には室内温度の過度の上昇を防ぐため、側窓の1部を開放した。処理期間中のガラス室内および戸外の温度は第2表の通りである。

最高気温ならびに昼温（午前9時、11時、午後1時、3時および5時の気温の平均）のガラス室内と戸外の差は、時期により多少変動があるが、前者で4°C内外、後者で3°C内外であった。

果房の収穫は対照区の果房が完熟に達した8月21日に、対照区の全果房および両高温区のそれぞれ $\frac{1}{2}$ の果房を採取した。続いて8月29日、9月4日に両高温区に残りの果房を $\frac{1}{2}$ ずつ採取した。採取果について、果粒重、アントシアニン、クロロフィル、可溶性固形物、遊離酸などの測定を行なった。アントシアニンは前報⁽⁵⁾と同様の方法により、クロロフィルは村山⁽⁶⁾の方法により定量した。可溶性固形物はハンド・リフレクトメーターで測定し、遊離酸は0.1N NaOHで滴定法により測定し

酒石酸で示した。

なお、8月4日および13日に半葉法によりみかけの同化量の測定を行ない、また8月8日午後5時に採取した葉について、村山⁽⁶⁾の方法により炭水化物の分別定量を行なった。

実験結果

果粒重、可溶性固形物含量および遊離酸含量の測定結果は第3表の通りである。果粒の肥大に及ぼす昼間の高温の影響は顕著で、対照区の完熟期と推定された8月21日における果粒重は対照区で最も重く、ついで開花後55日より高温区、35日より高温区の順となっていた。

しかし、両高温区の果粒はその後も肥大し、9月4日には対照区の8月21日現在の粒重にほぼ達し、結局、果粒の肥大で約2週間の遅延が認められた。一方可溶性固形物については、8月21日において、対照区は18.7%とデラウェア種としては可食適期に達しているのに対し、開花後35日より高温区では15.7%、55日より高温区では17.2%といずれも対照区より低く、とくに前者で顕著な影響が認められた。しかし、8月29日には両区の含量は8月21日の対照区の含量より高く、この点で可溶性固形物の蓄積に対する昼間の高温の影響は果粒の肥大に対するよりやや軽いことが認められた。遊離酸の減少に対する高温の影響は、これらの両者の場合に比べさらに軽く、8月21日における各区間の遊離酸含量の差は僅少で

Table 3. Effect of high day-temperature in summer on the berry growth and maturation of Delaware grapes

Plot	Sampling date	Berry weight g	Soluble solid %	Tartaric acid %
Control	August 21	1.56	18.7	1.07
	August 21	1.15	15.7	1.12
	August 29	1.39	19.1	0.70
High temp. from the 35th day after anthesis	September 4	1.53	21.2	0.54
	August 21	1.26	17.2	1.13
High temp. from the 55th day after anthesis	August 29	1.42	20.8	0.68
	September 4	1.49	20.4	0.71

Table 4. Effect of high day-temperature in summer on the content of pigments in berries of Delaware grapes

Plot	Sampling date	Anthocyanin r of $\text{KMnO}_4/10\text{cm}^2$ skin area	Chlorophyll mg/100g fresh weight
Control	August 21	784	0.643
High temp. from the 35th day after anthesis	August 21	205	1.050
	August 29	450	0.552
	September 4	568	0.484
High temp. from the 55th day after anthesis	August 21	302	0.829
	August 29	806	0.565
	September 4	745	0.456

Table 5. Effect of high day-temperature in summer on the apparent photosynthesis in leaves of Delaware grapes $\text{g}/\text{m}^2/\text{hour}$

Date of measurement (Weather)	Plot		
	Control	High temp. from 35th day after anthesis	High temp. from 55th day after anthesis
August 4 (Fine)	+2.42	+0.69	+2.42
August 13 (Fine)	+1.38	-0.34	-0.46

Remarks : Measurements were conducted with leaf-punch method at 9 a. m. and 2 p. m..

あり、その後、両高温区の酸含量の減少は急速に進み、8月29日では、8月21日の対照区の含量より著しく低くなっていた。

次に色素含量に及ぼす影響については第4表に示す通りである。8月21日における両高温区、とくに開花後35日以後高温区のアントシアニン含量は対照区に比べ著しく低く、対照区の約 $\frac{1}{4}$ であった。さらに開花後55日より高温区のアントシアニン含量は、8月29日において対照区の8月21日の含量に達していたのに対し、35日より高温区の含量は9月4日に至ってもなおその含量に達していなかった。一方、クロロフィル含量については、両高温区で減少の遅延する傾向があり、この場合も35日より高温区の遅延度が大きい。しかし、両高温区とも8月29

日には8月21日の対照区の含量より低くなっており、また両高温区間の差異はわずかであった。したがって、昼間の高温は果実におけるアントシアニン形成、クロロフィルの分解のいずれも抑制するが、前者に対する影響の方が顕著であり、また開花後35日より高温処理を行なった場合、55日より処理を行なった場合に比べ強く影響を及ぼすことが伺われる。

次に果実の着色および成熟と密接な関係があると考えられる葉の炭素同化作用に及ぼす処理の影響についての調査結果を第5および6表に示す。まず第5表はみかけの光合成に及ぼす影響を示したもので、第1回の8月4日、すなわち開花後35日より高温区では処理開始後24日目、55日より高温区では4日目に当る日の調査では、開花後

Table 6. Effect of high day-temperature in summer on the content of carbohydrates in leaves of Delaware grapes

Plot	Reducing sugar %	Non-reducing sugar %	Total sugar %	Starch %	Total carbohydrate %
Control	4.44	0.52	4.96	1.13	6.09
High temp. from 35th day after anthesis	3.44	0.12	3.56	1.83	5.39
High temp. from 55th day after anthesis	2.93	0.68	3.61	1.78	5.39

Remarks : Leaves were sampled at 5 p. m. on August 8.

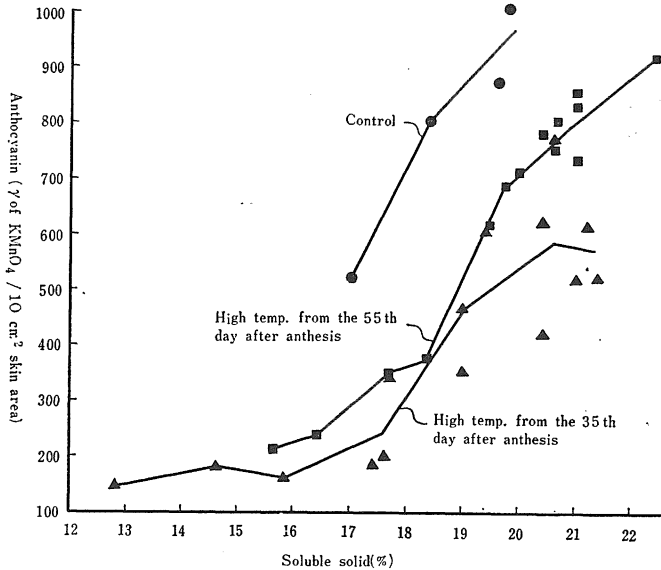


Fig. 1. Effect of high day-temperature in summer on the relationship between anthocyanin content in skin and soluble solid in Juice

35日より高温区においてのみ同化量の低下が認められた。当日の最高気温および昼温は戸外で30.2および27.9°C、ガラス室内で33.1および29.8°Cであった。第2回の8月13日には、対照区の同化量も前回より低下していたが、両高温区ではいずれもマイナスの同化量を示していた。当日の最高気温および昼温は戸外で34.1および28.4°C、ガラス室内で37.2および31.5°Cで前回よりいずれも高温であった。第6表は8月8日午後5時に採取した葉について行なった炭水化物の分別定量の結果である。全糖含量は両高温区とも対照区より低く、開花後35日より高温区では非還元糖が、また55日より高温区では還元糖が低かった。これに対し、澱粉含量では両高温区が高く、その結果、全炭水化物含量では対照区より両高温区が低いが、その差は比較的小さかった。

考 察

本実験の結果によると、デラウェア種に対し7月中旬（硬核期直後）あるいは8月上旬（着色開始期）以後の昼間の平均気温について当地方の自然気温より約3°C高い条件を与えると、果実の着色および成熟が著しく遅延することが明らかとなった。すなわち、対照区の完熟期である8月21日の調査でアントシアニンの形成、クロロフィルの減少、果粒の肥大、可溶性固形物の蓄積および酸の減少のいずれも高温の影響を受け、また高温処理の開始時期の早い方がその影響が大きいことが示された。したがってこの時期の昼温は同種の着色および成熟に密接な関係を持つことがわかる。

一方、着色および成熟が遅延した両高温区については、さらに9月4日まで1部の果房を樹上に残してその後の着色および成熟の進行状態を調べた。その結果、果粒重

量は9月4日に、クロロフィル、可溶性固形物および酸含量は8月29日に、それぞれ8月21日の対照区のレベルに達し、あるいはこれを越えていたにもかかわらず、開花後35日より高温区のアントシアニン含量は9月4日に至ってもなお著しく低く、55日より高温区においてもやや低い傾向が認められた。これらの結果から、高温の影響は、着色および成熟現象のうちでアントシアニン形成に対しとくに顕著であるように思われる。例えば第1図は各時期の測定値を一括して各区の果実のアントシアニン含量と可溶性固形物含量の関係を図示したものであるが、可溶性固形物の増加に伴うアントシアニン含量の増加率は両高温区とくに35日より高温区で著しく低く、したがって可溶性固形物に対応するアントシアニン含量は昼温の高い場合、低くなることを示している。

次に樹体の生理と昼間の高温との関係であるが、両高温区の葉におけるみかけの同

化量は最高気温37.2°C、昼温31.5°Cであった8月13日にマイナス値を示しており、昼間の高温は葉における光合成あるいは呼吸に著しい影響を及ぼすことが同われる。小林らはデラウェア種について気温が35°Cを越すと葉における呼吸が著しく盛んになることを認め、またこの呼吸促進度などから欧州種に比べ米国系の同種は耐暑性に乏しいとしている。さらに本実験の葉内炭水化物含量の調査で、対照区に比べ両高温区の糖含量は低く、澱粉含量が高かったことから、高温区の葉では澱粉から糖への移行が抑制されていることが推察される。JOHNSONはトマトで、高温は光合成および同化産物の転移を抑制し、その結果、果実の成熟を遅延させることを認めている。したがって、本実験の高温区で果実の着色および成熟が遅延した原因も、高温により樹体の生理に異常をきたしたことにあると考えるのが妥当であろう。しかしながら、前に述べた通り本実験の高温処理は、成熟に伴う各成分の変化の中でアントシアニン形成に対しとくに強い抑制作用を示しており、この点から昼間の高温はアントシアニン形成過程に直接的な影響を及ぼしているようにも考えられる。しかし、デラウェア種果実の果皮におけるアントシアニン形成そのものに対する適温の限界がまだ明らかでないので、この場合、どの程度高温の直接的作用が存在していたかについては今後検討の余地がある。なお、フレーム・トーケー種果実では15.5°C付近にアントシアニン形式の適温があるとされている。⁽⁶⁾

以上、夏季の昼間の高温がデラウェア種果実の着色および成熟を抑制することを明らかにしたが、本実験では設備の関係で当地方の自然温度より低い温度を与えることができなかったため、昼温の適温限界を示すには至ら

なかった。さらに果実のアントシアニン形成すなわち着色に及ぼす昼間の高温の影響については、高温が樹体の生理に影響を及ぼし、その結果として果実の成熟全体が遅延し着色が不良となるいわば間接的影響と、果実のアントシアニン形成そのものに対する直接的影響とが重複しているように考えられたが、その詳細については本実験の範囲では明らかにし得なかった。これらについては今後さらにいろいろの規制された温度条件下で検討する心算である。

摘 要

はち植えのデラウェア種3年生樹を用いて、開花後35日(7月12日)以後、および55日(8月1日)以後の昼間の平均気温を自然状態より約3°C高くした区を設け、果実の着色および成熟に及ぼす夏季の昼間の高温の影響を調べた。

1. アントシアニンの形成、クロロフィルの減少、果粒の肥大、可溶性固形物の蓄積、酸の減少などの着色および成熟現象のいずれも処理により抑制され、また処理開始時期の早い方がその影響が大きかった。

2. しかし、これらに及ぼす処理の影響は一様でなく、アントシアニンの形成に対する抑制作用が最も顕著で、果粒の肥大、可溶性固形物の蓄積、クロロフィルの減少への作用がこれに次ぎ、酸の減少に対する抑制作用

は最も弱かった。

3. 両高温区の葉では光合成機能の低下が認められ、両高温区の果実の着色および成熟が遅延した主原因はその点にあると考えられる。

引用文献

1. JOHNSON, S. P. and W. C. HALL : Bot. Gaz. 117 : 100-113, 1955
2. 小林 章 : 農園 36 (1) : 9-12, 1961
3. 小林 章・行永寿二郎 : 果実日本 11 (11) : 25-28, 1956
4. 小林 章・行永寿二郎・福島忠昭・和田英雄 : 京都大学食糧科学研究所報告 No. 24 : 29-42, 1960
5. 内藤隆次・柿木尚文 : 島根農大研報 12 (A) : 16-19, 1964
6. 内藤隆次・松岡 広・後藤晴昌 : 園芸学会秋季大会発表要旨 : p 13, 1960
7. 中川昌一 : 葡萄 1960 朝倉 p 21-24
8. 戸刈義次 : 作物試験法 1957 農業技術協会 p 303-332
9. TUFTS, W. P. : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 26 : 163-170, 1930
10. WEAVER, R. J. and S. B. McCUNE : Amer. Jour. Enol. and Viticulture 11(14) : 179-184, 1960
11. WINKLER, A. J. : General Viticulture 1962 University of California Press p 32

Summary

Three year-old Delaware grapes potted were removed from the open field into the glass house at 35th day (July 12) and 55th day (August 1) after anthesis, respectively, in order to be exposed to the high day-temperature, and the treatments were continued till the last harvest time (September 4). All windows of the glass house were closed in day time and open at night, but if necessary, a part of them were opened in day time to keep out the overrise of room temperature. The daily maximum temperature inside of the glass house was 4.7-2.0°C higher and the daily mean temperature in day time inside of it 3.4-2.8°C higher than those in the open. (Table 1 and 2)

1. The high day-temperature treatments inhibited the coloration and maturation of the grapes, in which the increase of anthocyanin was mostly affected, followed by the berry growth, the increase of soluble solid and the decrease of chlorophyll, and the decrease of acid was leastly affected. Then, the earlier the beginning of the treatment, the stronger was the influence of it on them. (Table 3,4 and Fig. 1)

2. The rates of apparent photosynthesis and the sugar contents in the leaves of the high day-temperature plots were less than those of control plot. But in total carbohydrate, there was a little difference between these plots. (Table 5 and 6)

3. It seems that the delayed coloration and maturation of Delaware grapes observed in the high day-temperature condition in summer mainly result from the disorder of carbohydrate assimilation in leaves induced by the temperature. The coloration, however, might also be affected directly by the high day-temperature, for the anthocyanin formation in skin was mostly inhibited under the condition as compared with the other acts of maturing.