

[研究報文]

ブドウ ‘ミュラー・ツルガウ’ 樹に対する夏季の遮光が果実の成熟
とワイン品質に及ぼす影響

岡本 五郎¹・鞠河 宏樹¹・野田 雅章²・平野 健¹

¹ 岡山大学農学部 〒700-8530 岡山市津島中1-1-1

² サッポロワイン(株) 技術総括部 〒701-2214 岡山県赤磐郡赤坂町東軽部1556

Effect of Vine Shading during Summer on Fruit Ripening and Wine Quality
of ‘Müller Thurgau’ Grapes

Goro OKAMOTO¹, Hiroki MARIKAWA¹, Masaaki Noda², and Ken HIRANO¹

¹ Fac. of Agriculture, Okayama University, Tsushima-naka, Okayama, 700-8530

² Technology Dep., Sapporo Wines LTD., Higashi-karube, Akasaka-cho, Okayama, 701-2214

Müller Thurgau grapevines planted in root-restriction beds were shaded at 3 levels, heavy shading (75% reduction of sunlight; H-shade), moderate (50% reduction; M-shade), or light (25% reduction; L-shade) to give protection against excessively high summer temperatures which cause a deterioration in the quality of berries used for wine making. Leaf and cluster temperatures on sunny days were lowered significantly by H- and M-shade treatments. Berry growth was restricted by the H-shade but accelerated by L-shade. The increase in juice total soluble solids (TSS) was retarded under H- and M-shading, though the decrease in titratable acids was delayed by each shading treatment. The time of cluster harvest, when the titratable acid contents have dropped to ca. 0.65%, was earliest in the control (August 21), followed by L-shade (August 25), H-shade (August 27), and M-shade (September 3). The TSS, glucose, and fructose contents of harvested berries were highest under M-shade and lowest under H-shade. The total amino acid content was higher with the L-shade and control than with the M- and H-shade treatments. The juice yellow color, analyzed photometrically as O.D.420, was lighter in the case of H-shade treatment than in the other shading treatments or the control. Sensory tests of wines made from berries grown under each treatment and the control revealed that the wine made from M-shade berries was judged more desirable in appearance, aroma, and taste than wines made from berries grown under the other shading treatments or the control.

Key words: Müller Thurgau grapevine, summer shading, fruit ripening, wine quality

緒言

日本人のワイン消費が増加しつつある中で、国産ワイン原料の質的向上と低コスト生産が強く求められている。しかし、日本国内の大半のブドウ産地では、結実後の6、7月が梅雨期に当たり、温暖で土壌湿度が豊富な条件が続く。そのため、新根の発生が盛んになるとともに土壌養分の肥効が急激に高まって、新梢の生長が過剰になりやすい。したがって、結実や果実の生長・成熟が不良にな

り、病害の発生も多い。このような高温多湿条件下で、ブドウの結実安定と早期成園化、品質向上を達成するために、今井ら(8, 9)、岡本ら(21)は盛り土ベッド方式による根域制限栽培を考案し、1樹に対する土壌の容積、培地の構成、かん水及び施肥の体系を確立した。さらに、岡本ら(22, 23)はこの栽培方式をワインブドウに応用し、病害発生を防ぐためにベッド上部のみをフィルム被覆するとともに、自動かん水と液肥利用を組み合わせることによって、省力管理が可能であることを示した。しかし、高冷地を除けば日本の

1998年7月17日受理

ほとんどのブドウ産地は夏季が著しく高温であり、果実の成熟、とくに遊離酸の減少が急速に進み(4, 12, 13, 14, 15)、品質の高いワイン原料を得ることが困難である。この高温の問題は、雨よけのフィルムを設置することによって一層深刻な問題になってくる。本研究では、根域制限栽培した‘ミュラー・ツルガウ’ (*Vitis vinifera* L.) 樹に対して、梅雨明け後に被覆フィルムの上部に寒冷しゃを掛けて葉温や果実温の低下を図り、果実の成熟、収穫果実の成分、醸造されたワインの品質に及ぼす効果を調査した。

材料と方法

実験は、1997年に岡山大学農学部（岡山市津島）の研究用ブドウ園で行った。1.7m間隔で設置した根域制限ベッド（幅50cm、高さ25cm）に50cm間隔で栽植した4年生‘ミュラー・ツルガウ’ (SO4台) 48樹を供試した。このベッドは、12樹ずつの4ブロックに分けられており、ブロック間には1mの間隔がある。発芽後から各樹に6新梢を生育させ、結実期後は1新梢に1または2果房に摘房した。発芽期からN:60ppmを含む総合液肥を週2回、1樹あたり2Lを与え、かん水はpF2.0を基準として点滴かん水した。新梢の誘引方法や液肥の成分、施与の方法などは既報(22)のとおりである。果実の成熟を良好にするために(21)、果粒軟化期（7月10日前後）以降は液肥の濃度をそれまでの3分の1とした。梅雨終了後の7月19日に、3ブロックのそれぞれの被覆フィルム上部に、白色寒冷しゃ（クレモナ#50、25%遮光）を7枚（75%遮光）、3枚（50%遮光）、1枚（25%遮光）で覆った。残りの1ブロックは無遮光区とした。7～8月中の晴天日、曇天日、雨天日に、携帯型照度計（Licht-metchnik pocket-lux PO-90）で第2果房とその4節上位の本葉の上向き照度の日変化を測定した。同じ果房の内部と葉の裏に熱電対温度計のセンサーを取り付け、果実温および葉温の日変化を測定した。これらすべての測定は、各区3回反復で行った。

7月14日から5日間隔で、各区30果粒をランダム

に採取し、果粒直径、果粒重を測定した後、ガーゼで果汁を搾り、TSS（可溶性固形物含量）、滴定酸含量、pHを測定した。測定は4回反復とした。滴定酸含量が0.65g/100mlに低下した日に全果房を収穫し、果房重、1樹当たりの収量を調査した。また、各区の10果房から果汁を集め、黄色の濃さ（O.D.420）を分光光度計で測定した。また、果汁10mlをイオン交換樹脂で精製してから、ブドウ糖、果糖、リンゴ酸、酒石酸をHPLC（SHIMADZU SPD-10A）で、遊離アミノ酸をアミノ酸自動分析装置（日本電子 JLC-300）で定量した。これらの分析は3回反復した。分析に用いた以外の果粒はサッポロワイン岡山ワイナリー（岡山県赤磐郡赤坂町）において試験醸造に供した。果実の量は、対照区；7.1kg、25%遮光区；9.5kg、50%遮光区；8.6kg、75%遮光区；9.5kgであった。醸造の条件は以下のとおりである。

補糖；Brix21%になるように結晶ブドウ糖を添加
搾汁率；60%
酵母；Prise de Mousse
発酵温度；20℃
亜硫酸添加；破碎時と発酵停止時に各50ppm添加
発酵程度；目標エキス6.5

9月30日に、醸造ワインの比重、アルコール濃度、エキス、pH、酸含量、色調（O.D.420、O.D.530）を第4回改正国税庁所定分析法注解（1993）の方法によって分析した。総ポリフェノール含量はフェノール試薬を用いたFolin Tiocalter法で測定し、没食子酸として示した。また、7人の専門家パネラーによりワインの外観を4点法で、味を6点法で、香り、総合品質を5点法で官能評価した。

結果

1. 葉、果実の照度及び温度の日変化

晴天日（8月20日）に照度を測定した結果、無遮光区の葉の上向き照度は午後0時10分に約46.7 klxに達した。このときの25%遮光区の照度は34.6

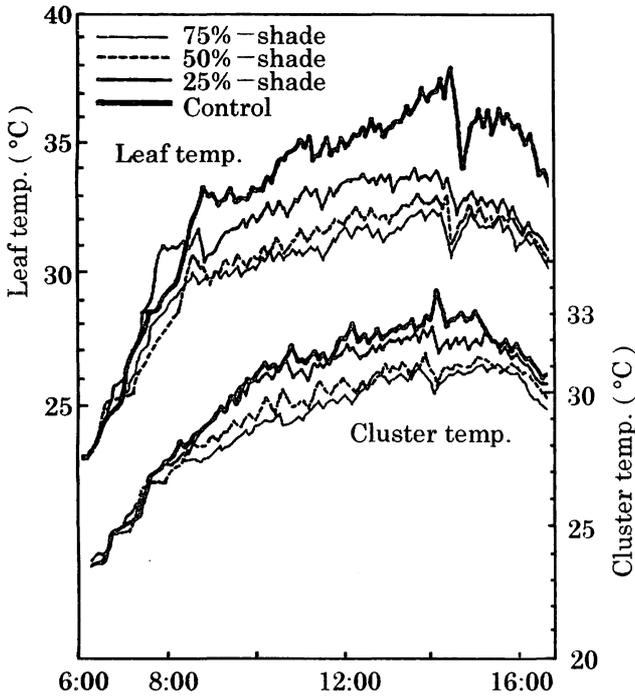


Fig. 1. Effect of vine shading on daily changes in leaf and cluster temperatures of Müller Thurgau grapes. Cluster temperatures were measured by inserting a sensor into the cluster. Vines were shaded to cut 75, 50, or 25% of the sunlight from July 19 until fruit harvesting. Data were taken on August 16, a fine day.

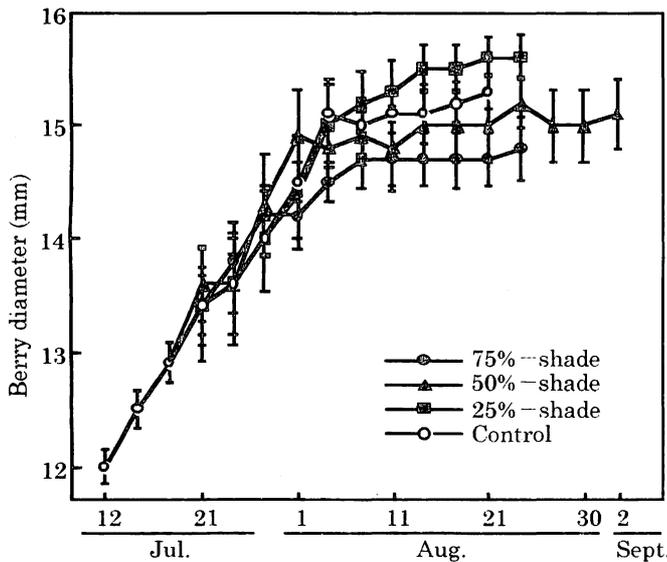


Fig. 2. Effect of vine shading on berry growth of Müller Thurgau grapes. Vertical bars show S. D.

klx、50%遮光区では23.7 klx、75%遮光区では12.5 klxであった。無遮光区に対する各区の比率

は、順に74.0%、50.7%、26.8%であり、ほぼ設定どおりの遮光率であった。一方、果房付近の照度は、無遮光区では同じ時刻に最高4.6 klxとなったが、25%遮光区、50%区遮光区、75%遮光区の照度は順に無遮光区の87.0% 65.2% 26.1%と、樹冠への遮光率よりも高い比率を示した。曇天日、雨天日には照度そのものが大きく低下したが、各遮光区の無遮光区に対する照度の比率は、晴天日の場合とほぼ同じであった(データ省略)。

晴天日(8月16日)に葉温と果実温を測定した結果は Fig.1 に示すとおりである。無遮光区の葉温は午後2時ころに最高35.2°Cとなったが、25%遮光区では33.9°C、50%遮光区では32.8°C、75%遮光区では32.2°Cで、50%遮光区と75%遮光区の昇温抑制効果が著しかった。なお、このときの戸外の気温は32.3°Cであった。一方、果実温は無遮光区で最高34.0°Cであったが、25%遮光区ではそれよりも1.6°C、50%遮光区では2.5°C、75%遮光区では2.9°C低く、やはり50%遮光区と75%遮光区の効果著しかった。このような50%遮光区と75%遮光区の顕著な昇温抑制効果は、葉温、果実温とも午前9時ころから午後2時ころまで連続的に認められた。曇天日、雨天日の無遮光区の葉温、果実温は、いずれも最高33~28°C程度で、遮光区においてもほぼ同様であった。

2. 果粒の生長と成熟

果粒横径の変化は Fig.2 に示すとおりで、75%遮光区では処理を開始してから約10日後の8月上旬から、また、50%遮光区では8月中旬以降の果粒肥大が無遮光区よりも劣った。一方、25%遮光区では8月下旬まで果粒の肥大が続き、無遮光区よりも果粒は大きくなった。果汁のTSSと滴定酸含量の変化は Fig.3 のとおりである。TSS含量は無遮光区ではほぼ直線的に増加したが、遮光区ではいずれも7月下旬から8月上旬にかけての増加が遅延した。75%遮光区と50%遮光区では、8月上旬のTSSの増加速度が他の2区より遅かった。また、遮光した3区では7月下旬から8月上旬にかけての滴定酸含量の低下が無遮光区より緩やかで、

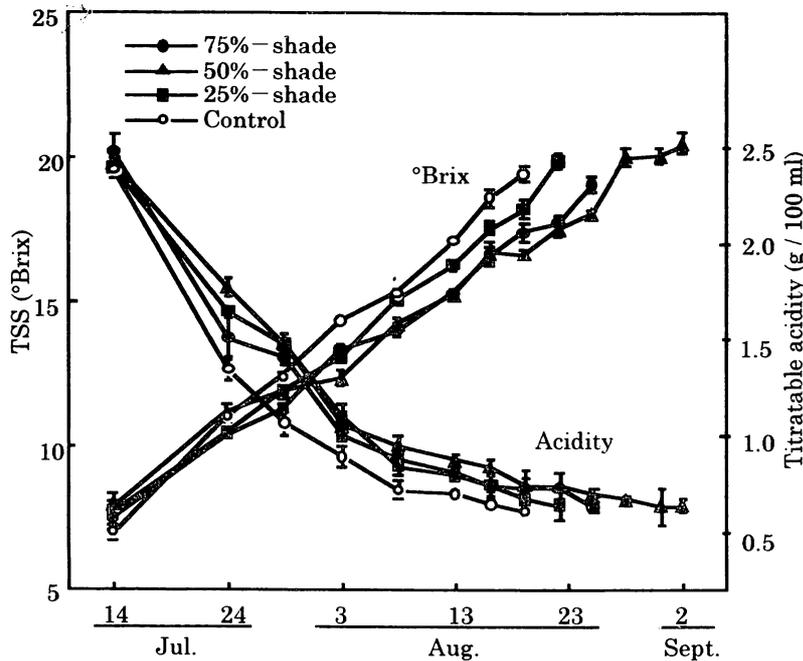


Fig. 3. Effect of vine shading on the increase in TSS and the decrease in titratable acidity of Müller Thurgau grapes. Vertical bars show S. D.

とくに50%遮光区では8月上旬以降も低下が緩慢であった。

3. 収穫日と収穫果実の果汁成分

果実収穫期の指標とした果汁の滴定酸含量が0.65mg/100mlに達した日は、無遮光区で8月21日、25%遮光区で8月25日、75%遮光区で8月27日、50%遮光区で9月3日であった。1樹当たりの収量は、25%遮光区、50%遮光区でそれぞれ1.23kg、1.22kgであったのに対して、75%遮光区、無遮光

区ではそれぞれ1.04kg、0.91kgと少なかった ($p < 0.01$)。収穫果の果汁に含まれる各種の糖、酸などの濃度は Table 1 に示すとおりである。TSS含量は50%遮光区で20.5°と最も高く、75%遮光区は19.1°で最も低かった。この傾向はブドウ糖、果糖についても同様であった。リンゴ酸と酒石酸の濃度には有意な差がなかったが、pHは無遮光区でわずかに低かった。果汁の黄色の濃さとしてO.D.420を測定した結果、75%遮光区は他の3区より果汁の色が薄かった。アミノ酸の主要な構成成分は、プロリン、 γ -アミノ酪酸、アラニン、スレオニンなどであったが、そのいずれの濃度も25%遮光区と無遮光

区で高く、75%遮光区で最も低かった (Table 2)。全アミノ酸濃度も25%遮光区で最も高く、次いで無遮光区で高く、50%遮光区、75%遮光区では低かった。

4. ワインの品質

目標エキスまでの発酵所要日数は8~10日で、各区とも停滞なく順調に発酵を終了した。ワインの分析値は Table 3 のとおりである。75%遮光区のワインはpHが3.43と最も低く、他の区ではい

Table 1. Effect of vine shading on composition and color of Müller Thurgau grape juice at harvest.

Treatment	°Brix	Glucose	Fructose	Tartaric acid	Malic acid	pH	O.D. ₄₂₀
		(g / 100 mL)					
75%-shade	19.1 b ^z	10.4 b	11.8 b	0.26	0.61	3.81 ab	0.093 b
50%-shade	20.5 a	11.6 a	12.8 a	0.25	0.59	3.88 a	0.104 a
25%-shade	19.9 a	11.0 b	12.5 a	0.26	0.62	3.87 a	0.110 a
Control	19.4 b	10.8 b	12.1 a	0.23	0.57	3.57 b	0.110 a

^z Significance at 0.01% by Duncan's multiple range test.

Table 2. Effect of vine shading on free amino acid contents of Müller Thurgau grape juice at harvest.

Treatment	THR	SER	ASN	GLU	ALA	VAL	LEU	GABA	ARG	PRO	Others ^z	Total
	(mmol / 100 mL)											
75%-shade	19.2	20.9	5.2	5.1	29.6	9.4	7.3	57.3	12.3	100.1	33.7	300.1
50%-shade	21.7	13.8	8.2	10.4	33.8	11.8	8.6	69.4	12.7	92.1	30.4	312.9
25%-shade	30.4	23.8	14.1	13.8	44.3	15.0	10.5	80.4	16.9	134.7	46.3	430.2
Control	30.5	18.4	17.9	18.4	43.8	13.6	9.8	65.4	15.5	117.0	32.5	382.8

^z ASP+GLN+GLY+ILEU+TYR+PHE+HIS.

Table 3. Effect of vine shading of Müller Thurgau grapes on wine constituents at bottling^z

Treatment	Specific gravity	Alcohol content (vol.%)	Extract (w / v %)	pH	Tartaric acid	Malic acid	Total polyphenols ^y (ppm)	O.D. ₄₂₀
					(g / 100 mL)			
75%-shade	1.011	9.9	6.50	3.43	0.177	0.280	267	0.045
50%-shade	1.011	10.0	6.53	3.59	0.176	0.271	270	0.043
25%-shade	1.012	9.9	6.76	3.55	0.210	0.277	260	0.052
Control	1.011	10.1	6.55	3.52	0.166	0.263	217	0.025

^z September 30, 1997.^y As gallic acid.Table 4. Effect of vine shading of Müller Thurgau grapes on wine quality^z

Treatment	Appearance (/ 4)	Odor (/ 5)	Taste (/ 6)	Overall quality (/ 5)	Total score (/ 20)
75%-shade	2.64 ± 0.48	2.50 ± 0.58	3.00 ± 0.29	2.71 ± 0.39	10.86 ± 0.99
50%-shade	2.79 ± 0.39	3.29 ± 0.49	3.36 ± 0.38	2.86 ± 0.24	12.29 ± 0.86
25%-shade	2.64 ± 0.48	2.57 ± 0.45	3.07 ± 0.35	2.71 ± 0.39	11.00 ± 1.08
Control	2.64 ± 0.48	2.36 ± 0.48	3.00 ± 0.50	2.50 ± 0.41	10.50 ± 1.19

^z Evaluated by the 7-person test panel of Sapporo Wines LTD. Data represent means ± S.D.

ずれも3.5～3.6の範囲内であった。色調は25%遮光区でやや濃かったが、他の区では差がなかった。その他の分析値には大きな差がなかった。官能テストの結果は Table 4 のとおりで、50%遮光区のワインが外観、味、総合品質ともに評価が高く、7名のパネラー全員が最高点をつけた。試飲のコメントとして、香りに関して区による明確な差があり、無遮光区と25%遮光区では「青臭さあり、アロマ乏しい、フルーティーさ欠く」であったのに対し、50%遮光区では「アロマあり、フルーティー、広がりあり」であった。なお、75%遮光区では「アロマ乏しい、果実香あり、特徴弱い」であった。

考 察

トンネル被覆の上部を寒冷しゃで遮光することによって、樹冠のほぼ全体を設定どおりの受照条件に調節できた。なお、果房付近では設定した割合よりもやや高い照度が測定されたのは、果房が樹冠の下部にあるため、地表からの反射光線を含め、さまざまな方向からの乱反射が存在したためと考えられる。8月中下旬の野外での最大照度は約100 klxであるが、本実験で測定した房先4葉の表面では無遮光区でも平均約50 klxであった。これはトンネル被覆に用いたビニールフィルム

(0.02mm厚、透明)の汚れや副梢の葉などの影響と思われる。一般的にブドウの葉の光飽和点は約30 klxとされている(1, 11)ので、50%遮光区ではほぼ1日中光飽和に達することがなく、75%遮光区では明らかに照度不足の状態であったと考えられる。

一方、50%遮光、75%遮光によって夏季の日中の葉温上昇は2.4～3.0℃抑えられた。日中の遮光の葉温低下の効果は温室ブドウについても調査例があり(20)、50%の遮光をすると、室温(約32℃)はあまり変化しないが、葉温は5分後には約41℃から6℃も低下したことが報告されている。このことから高温・無風の場合は遮光の葉温低下の効果はさらに大きいと考えられる。ブドウ葉の光合成速度に及ぼす葉温の影響は、樹体の水分条件、とくに葉の水分ストレスによって大きく影響されるが、一般的には35℃以上になると光合成速度が低下する(7, 27)。したがって、葉温が高い時間帯での遮光は、光合成の促進になる可能性は十分考えられる。すなわち、本実験で行った50%または75%の遮光は、光合成速度に対して照度の不足によるマイナスの影響と、葉温の低下によるプラスの影響とを平行的に与えたと考えられる。しかし、果粒の肥大とTSSの増加が75%遮光区と50%遮光区で遅れたことから、物質生産の面から

は、これらの区では照度不足によるマイナスの影響が上回ったことが明らかである。小林ら (16) も、ブドウ‘デラウエア’について、自然光を50%以上遮光すると果粒の生長と成熟が抑制されることを示している。その他、果房の照度が不足するとブドウ果実の成熟が劣ること、摘葉などによってそれを改善すると成熟が良好になることを示した研究は多い (5, 6, 10, 24, 26)。

本実験の収量を10 a 当たり換算すると、50%遮光区と25%遮光区で約1.4 t、75%遮光区と無遮光区で約1.2 tとなる。この収量レベルの相違は、果粒の肥大が25%区で優れ、75%区で不良であったことの他に、無遮光区に用いた樹の花房数がやや少なかったことも関係している。いずれも、カリフォルニアの基準 (28) からみるとやや多めの結果量と言えるが、滴定酸が0.65%まで減少した時点のTSSが約19°~20°であったことから、ほぼワイン原料としての水準を満たしたものと考えられる。遮光をすることによって滴定酸含量の低下が遅れたのは、当然、果実温度の上昇が防がれた結果と思われる。しかし、無遮光区ではリンゴ酸、酒石酸のいずれの濃度も他の区より低い値であるのに、pHが有意に低かったことから、遮光は緩衝作用をもつ物質を増加するなどの質的な相違を引き起こすのかもしれない。50%遮光区の方が75%遮光区よりも最終的な滴定酸の低下が遅れたのは、着果レベルの差も関係していると考えられるが、結果的には成熟の速度が緩やかになったことによって、ワイン原料としての品質が高められたと言える。また、ブドウ糖と果糖の比率はブドウ果実の成熟程度を示すものとして参考にされるが (17)、本実験結果でも50%遮光区の果糖/ブドウ糖比が最も高かった。果汁の黄色の濃さも50%遮光区で最も濃く、白ワイン原料としては好ましい熟度であったといえる。ここでは測定をしていないが、適度の遮光によってモノテルペンなどの香気成分が多く含まれることを示す報告もあり (2, 3, 18, 25)、果実温度の過剰な上昇を防ぐための夏季の遮光はワイン原料生産には有効であると考えられる。各区の収穫果実を試験醸造した結

果では、やはり50%遮光区のワインが品質的に優れる傾向が示された。とくに、香りと味の得点が高く、夏季の遮光によってブドウの葉温や果実温の上昇が緩和され、ワイン原料としてより適する果実が収穫されたと考えられる。遮光した3区のワインはいずれもポリフェノール濃度が無遮光区より高い傾向が示された。遮光によって成熟期間が延長され、ポリフェノールの蓄積がさら進んだ可能性が考えられるが、ワインの官能テストの結果では渋味に影響するほどの差ではなかった。ただし、本研究の試験醸造はその規模が極めて小さいので、ここで示された各区のワインの特性が実用的規模で醸造した場合でも得られるかどうかは断定できない。実際的なスケールでの実験を行う必要がある。

さらに、このような遮光によるワインブドウの品質向上の効果は、その年次の夏季の日照時間と最高気温に大きく依存することは当然である。本実験年度では50%遮光が好適であったが、より日照時間が長く、高温の日が多い年にはよりさらに強い遮光が必要となるし、反対の年には遮光率を低くするべきである。そのシーズンの気象条件に適した遮光の程度を迅速に算出するための研究が、さらに必要である。

要 約

根域制限ベッドで栽植中の‘ミュラー・ツルガウ’樹を、梅雨明けの7月19日から収穫期まで自然光の75%、50%、25%を遮光し、夏季の高温抑制効果と果実の成熟、ワイン品質に及ぼす影響を調査した。晴天日の葉温と果実温は50%遮光と75%遮光によって有意に低下した。果粒の肥大は25%遮光区で促進され、75%遮光区では抑制された。果汁のTSSの蓄積は50%遮光区と75%遮光区で遅れ、滴定酸の減少はすべての遮光区で無遮光区よりも遅れた。収穫は滴定酸含量が約0.65%まで低下した時期に行ったが、無遮光区では8月21日と最も早く、次いで25%遮光区 (8月25日)、75%遮光区 (8月27日)、50%遮光区 (9月3日) の順であった。収穫果実の果汁のTSS、ブドウ糖、

果糖含量は50%遮光区で最も高く、75%遮光区で最も低かった。全アミノ酸含量は、無遮光区と25%遮光区に比べて、50%遮光区と75%遮光区で低かった。75%遮光区の果汁は他の区に比べて黄色が淡かった。これらの果実を試験醸造し、官能検査した結果、50%遮光区のワインが外観、香り、味ともに最も優れる評価が得られた。

引用文献

1. 天野勝司・日野 昭・大東 宏・倉岡唯行. 果樹の光合成作用に関する研究 (第1報). 園芸学会雑誌41:144-150 (1972)
2. Arnold, R.A. and A. M. Bledsoe. The effect of various leaf removal treatments on the aroma and flavor of Sauvignon blanc wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 41:74-76 (1990)
3. Belancic, A., E. Agosin, A. Ibacache, E. Bordeu, R. Baumes, A. Razungules, and C. Bayonove. Influence of sun exposure on the aromatic composition of Chilean Muscat grape cultivars Moscatel de Alejandria and Moscatel rosada. *Am. J. Enol. Vitic.* 48:181-186 (1997)
4. Buttrose, M. S., C. R. Hale, and W. M. Kliever. Effect of temperature on the composition of ‘Cabernet Sauvignon’ berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 22:71-75 (1971)
5. Crippen, D. D. and J. C. Morrison. The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 37:235-242 (1986)
6. Gao, Y. and G. A. Cahoon. Cluster shading effects on fruit quality, fruit skin color, and anthocyanin content and composition in Reliance. *Vitis* 33:205-209 (1994)
7. 本多 昇・岡崎光良. 葡萄葉の光合成および呼吸作用に関する研究. 岡山大学農学部学術報告 25:11-23 (1965)
8. 今井俊治. 密植・根域制限栽培による4倍体ブドウの早期成園化の実証. 岡山大学博士論文 (1991)
9. 今井俊治・藤原多見夫・田中茂穂・岡本五郎. 根域制限栽培のブドウ‘巨峰’の樹体生長と果実発育に及ぼす土壌水分の影響. *生物環境調節* 29:133-140 (1991)
10. Kaps, M. L. and G. A. Cahoon. Growth and fruiting of container-grown Seyval blanc grapevines modified by changes in crop level, leaf number and position, and light exposure. *Am. J. Enol. Vitic.* 43:191-199 (1992)
11. Kliever, W. M. Photosynthesis in grape leaves as a function of light intensity, temperature, and leaf age. *Vitis* 7:213-220 (1968)
12. Kliever, W. M. Effect of temperature on the composition of grapes under field and controlled condition. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 93:797-806 (1968)
13. Kliever, W. M. Influence of temperature, solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 28:96-103 (1977)
14. 小林 章・行永寿二郎・板野 徹. ブドウの温度条件に関する研究 (第3報). 園芸学会雑誌 34:26-32 (1965)
15. Kobayashi, A., H. Yukinaga, and E. Matsunaga. Studies on thermal conditions of grapes. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 34:152-158 (1965)
16. 小林 章. ブドウ園芸. p.121-128. 養賢堂 (1982)
17. Lavee, S. and G. N. Grape-Maturation and accumulation of specific components. *Handbook of Fruit Set and Development (Monselise, S. P. edit.)*, p.171-175, CRC Press (1986)
18. Macaulay, L. F. and J. R. Morris. Influence of cluster exposure and wine making processes on monoterpenes and wine

- olfactory evaluation of Golden Muscat. *Am. J. Enol. Vitic.* 44:198-204 (1993)
19. Morrison, J. C. and A. C. Noble. The effects of leaf and cluster shading on the composition of Cabernet Sauvignon grapes and on fruit and wine sensory properties. *Am. J. Enol. Vitic.* 41:193-200 (1990)
20. 岡本五郎. ガラス室における異常高温の問題点とその回避法. 果樹 (岡山県経済連) 29(7):7-15 (1975)
21. 岡本五郎・野田雅章・今井俊治・藤原多見夫. 根域制限した‘巨峰’ブドウの生育と果実の発育に及ぼす液肥濃度の影響. 岡山大学農学部学術報告 78:27-33 (1991)
22. 岡本五郎・平野 健・谷本英治・丸山暢之. ベッド栽培した2年生‘ミュラー・ツルガウ’ (*Vitis vinifera* L.) の果実の収量と品質. ASEV Jpn. Rep. 4:2-8 (1993)
23. 岡本五郎・真鍋雅子・平野 健. ブドウ‘グロークールマン’に対する好適施肥濃度の検討. J. ASEV Jpn. 48:14-24 (1997)
24. Reynolds, A. G., R. M. Pool, and L. R. Mattick. Influence of cluster exposure on fruit composition and wine of Seyval blanc grapes. *Vitis* 25:85-95 (1986)
25. Reynolds, A. G. and D. A. Wardle. Influence of fruit microclimate on monoterpene levels of Gewürztraminer. *Am. J. Enol. Vitic.* 40:149-154 (1989)
26. Smart, R. E., S. M. Smith, and R. V. Winchester. Light quality and quantity effects on fruit ripening for Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 39:250-258 (1988)
27. 高木伸友. ブドウ‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’の果粒の生長と葉における光合成速度の季節的变化. 園芸学会雑誌 51:286-292 (1982)
28. Winkler, A. J., W. M. Kliewer, and L. A. Lider. *Harvesting Wine Grapes, in General Viticulture.* p.575-592. Univ. Cal. Press. (1974)