

## ブドウ栽培(四倍体, 台木)の光合成速度に及ぼす温度の影響

白石, 眞一  
九州大学農学部果樹生産学研究室

熊, 同銓  
九州大学農学部果樹生産学研究室

白石, 美樹夫  
九州大学農学部果樹生産学研究室

北崎, 真紀子  
九州大学農学部果樹生産学研究室

<https://doi.org/10.15017/23576>

---

出版情報 : 九州大學農學部學藝雜誌. 51 (1/2), pp.17-24, 1996-11. 九州大學農學部  
バージョン :  
権利関係 :

## ブドウ品種 (四倍体, 台木) の光合成速度に及ぼす温度の影響

白石 眞一・熊 同 銓  
白石 美樹夫・北 崎 真紀子

九州大学農学部果樹生産学研究室  
(1996年7月31日受理)

### Effects of Temperature on the Photosynthetic Rate of Tetraploid Grape Cultivars and Rootstocks

Shin-ichi SHIRAISHI, Tung Chuan HSIUNG,  
Mikio SHIRAISHI and Makiko KITAZAKI

Fruit Science Laboratory, Faculty of Agriculture,  
Kyushu University, Fukuoka 811-23

#### 緒 言

温度はブドウの乾物生産量と直接的な関係があり、ひいては樹勢、果実の収量や品質に強く影響を及ぼすことが知られている (Buttrose, 1968). Berry and Björkman (1980) は、光合成速度に及ぼす温度の影響は、同一種の植物においても原生地の違いによる差異があると報告しているが、ブドウにおいてこのような原生地の異なる品種の光合成速度と温度との関係に関する研究は見当たらない。

そこで本研究では、分布地域が異なる四倍体品種、台木品種を供試し、温度の違いによる光合成速度、蒸散速度、気孔拡散伝導度、水利用効率、細胞間隙内二酸化炭素濃度の差異及び葉の形態との関係について調査を行った。

#### 材料及び方法

本研究に用いた材料は、四倍体の '巨鯨', '巨峰' 'くろしお', 異数体の '高尾' の4品種、台木品種の 'Teleki 5A', 'Solonis×*V. riparia*', 'Grasset 41 B', 'Couderc 1613', 'Carignan N. clone 6', 'LN-33 AMST' について、全て鉢植えの自根苗3年ものものを1985年3月無加温ガラス温室に入れ、標準的な栽培管理を行った。同年6月中旬島津 SPB-Z 型光合成測定装置を用い、光照度40klx下、同化箱内温度15℃, 20℃, 25℃, 30℃, 35℃における見かけの光合

成速度、蒸散速度、気孔拡散伝導度、細胞間隙内二酸化炭素濃度及び水利用効率を調査した。生体重及び乾物重は常法で測定した。気孔長及び気孔密度の測定は前報に従った。葉緑素含量の測定は、Holden (1965) の方法に従った。即ち、測定するブドウ葉を石英砂ならびに試料酸度を中性に維持するために加えた適量の炭酸カルシウムとともに磨碎し、磨碎物の緑色が無くなるまでメチルアルコールを加え抽出した。得られた濾過液を定量的に希釈し、分光光度計 (日立124型) を用い、665nm 及び650nm における吸光度を測定した。測定値は Holden (1965) の計算式を用いて、単位葉面積当たりの葉緑素濃度に換算した。

#### 結 果

##### 1. 巨峰群四倍体および異数体の光合成速度に及ぼす温度の影響

供試した4品種とも、同化箱内温度20℃で最大の光合成速度を示した (Table 1)。最大の光合成速度は約14~17mgCO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/hrの間で、異数体である '高尾' (n=75) では30℃, 35℃における光合成速度が他の3品種よりやや高かった。

各品種の最大光合成速度値を100として、それぞれの光合成速度相対値を Fig. 1 に示した。'巨峰' 及び '巨鯨' は15℃において最大値の75%近くの光合成速度であったのに対し '高尾' および 'くろしお' は50%たらずの光合成速度しか維持できなかつた。高温35

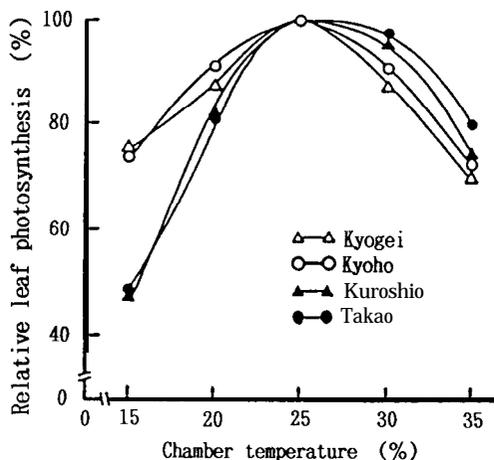


Fig. 1. Differences in relative values of apparent photosynthesis in tetraploid and aneuploid grape cultivars.

℃では各品種とも最大値の70~80%の光合成速度であったが、'巨峰'と'巨鯨'の光合成の低下の割合はやや大であった。

Fig. 2に各品種の光合成適温域を示した。'巨鯨' '巨峰'、'くろしお'、'高尾'の順で、適温域の高温側が高くなる傾向にあった。'巨鯨'と'巨峰'の適温域は約23~28℃の間でやや狭く、'くろしお'と'高尾'の適温域は約24~31℃の間であった。蒸散速度はいずれの品種とも温度が高いほど高かった (Table 1)。'巨鯨'では他の品種と比べ蒸散速度の値が高かった。四倍体品種における蒸散速度の値は、これまで調査を行なった二倍体品種におけるそれと差異は無かった。

'巨峰'と'巨鯨'の気孔拡散伝導度はともに15℃において最大値となり、温度が高くなるにつれて低下した (Table 1)。これに対し、'高尾'と'くろしお'では25℃で最大値を示した。低温条件下において光合成速度、蒸散速度が高い品種 '巨峰' および '巨鯨' では気孔拡散伝導度の値も大であった。4品種における光合成速度の差異は僅かであった。'くろしお'の

Table 1. Effect of temperature on leaf apparent photosynthesis ( $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ ), transpiration ( $\text{gH}_2\text{O}/\text{dm}^2/\text{hr}$ ) and stomata conductance ( $\text{cm}/\text{sec}$ ) in tetraploid and aneuploid grape cultivars.

Cultivars (Chamber temp. °C)	Leaf apparent photosynthesis					Transpiration					Stomata conductance				
	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35
Kyogei	12.43	14.60	16.66	14.56	11.71	0.50	0.69	1.03	1.30	1.47	0.38	0.35	0.33	0.27	0.20
Kyoho	11.41	14.15	15.51	14.06	11.21	0.45	0.65	0.92	1.15	1.28	0.45	0.37	0.32	0.25	0.18
Kuroshio	6.65	11.39	13.99	13.20	10.34	0.32	0.55	0.85	1.24	1.41	0.26	0.31	0.32	0.31	0.21
Takao	7.39	12.24	15.05	14.78	12.07	0.33	0.56	0.84	1.23	1.41	0.19	0.23	0.24	0.25	0.20

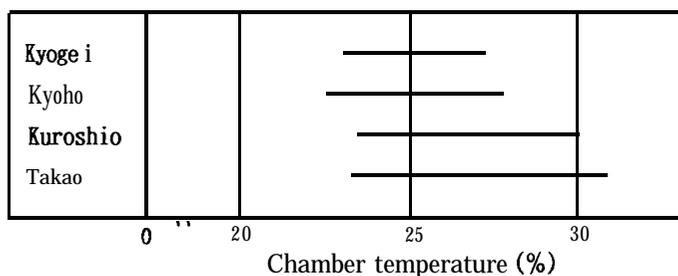


Fig. 2. Characteristics of temperature range showing more than 95% photosynthesis ability of the maximum in tetraploid and aneuploid grape cultivars.

**Table 2.** Effect of temperature on water-use efficiency ( $\text{mgCO}_2/\text{gH}_2\text{O}$ ) and intercellular  $\text{CO}_2$  concentration (ppm) in tetraploid and aneuploid grape cultivars.

Cultivar (Chamber temp. °C)	Water-use efficiency					Intercellular $\text{CO}_2$ concentration				
	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35
Kyogei	25.03	21.02	16.26	11.21	7.99	277.3	262.9	249.2	244.1	235.1
Kyoho	25.40	21.73	16.90	12.26	8.78	287.0	269.2	253.0	239.1	228.3
Kyrosio	20.63	20.89	16.52	10.67	7.35	289.0	270.8	260.6	262.2	252.0
Takao	22.51	22.02	17.93	11.98	8.54	266.7	244.9	232.1	236.3	234.0

**Table 3.** Leaf morphological characteristics of tetraploid and aneuploid grape cultivars.

Cultivars	Leaf thickness ( $\times 10^{-2}\text{cm}$ )	Special leaf weight ( $\times 10^{-3}\text{mg/cm}$ )	Dry weight (%)	Chlorophyll content ( $\text{mg/dm}^2$ )	Stomata density (1 m m <sup>-2</sup> )	Length of stomata ( $\mu\text{m}$ )
Kyogei	1.45	2.97	19.01	3.41	117.53	36.5
Kyoho	1.70	3.55	20.91	4.37	120.47	32.4
Kuroshio	1.74	3.71	21.36	5.47	120.40	31.1
Takao	1.52	2.77	18.26	5.13	99.76	34.5

**Table 4.** Effect of temperature on leaf apparent photosynthesis ( $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ ), transpiration ( $\text{gH}_2\text{O}/\text{dm}^2/\text{hr}$ ) and stomata conductance ( $\text{cm}/\text{sec}$ ) in grape cultivars for rootstock.

Cultivars (Chamber temp. °C)	Leaf apparent photosynthesis					Transpiration					Stomata conductance				
	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35
Teleki 5A	13.04	14.88	15.64	12.39	10.90	0.50	0.56	0.83	0.97	1.10	0.38	0.24	0.22	0.16	0.13
Solonis $\times$ <i>V. riparia</i>	6.63	17.21	17.38	14.93	10.75	0.44	0.74	1.00	1.21	1.10	0.42	0.36	0.30	0.23	0.14
Grasset 41B	9.92	13.93	17.36	15.82	12.45	0.54	1.00	1.35	1.63	1.66	0.84	0.89	0.46	0.34	0.23
Couderc 1613	13.51	16.88	18.02	17.00	14.42	0.47	0.62	0.87	1.17	1.97	0.37	0.31	0.30	0.26	0.33
Carignan N. clone 6	11.28	14.96	16.34	16.17	11.73	0.40	0.61	0.80	1.02	1.02	0.25	0.24	0.21	0.18	0.13
LN-33 AMST	14.12	17.11	18.46	17.90	16.66	0.52	1.25	1.27	1.66	1.85	0.69	1.14	0.51	0.47	0.36

水利用効率は他の品種よりやや低く (Table 2), 細胞間隙内二酸化炭素濃度は逆に高かった (Table 2). 供試品種の水利用効率は, 細胞間隙内二酸化炭素濃度とも温度が高いほど低い値であった.

異数体である '高尾' の葉の厚さ, 単位葉面積当たりの乾物重, 乾物率および気孔密度は, 供試 4 品種中最も低い値であった (Table 3). 巨峰系四倍体品種の単位葉面積当たり乾物重は  $2.8\sim 3.7 \times 10^{-3}\text{mg}/\text{cm}^2$ , 葉の厚さは  $1.5\sim 1.7 \times 10^{-2}\text{cm}$ , 乾物率は  $18\sim 21\%$ , 葉緑素含量は  $3.4\sim 5.5\text{mg}/\text{dm}^2$ , 気孔密度は  $100\sim 120/\text{mm}^2$  の間であり, 二倍体品種より葉の厚さ, 気孔長の値は大きく, 気孔密度は低かった.

## 2. ブドウ台木品種の光合成速度に及ぼす温度の影響

供試した 6 品種は全て同化箱内温度  $25^\circ\text{C}$  で最大の光合成速度を示し,  $25^\circ\text{C}$  以上では温度の上昇につれて低下した. 最大光合成速度値は  $15.6\sim 18.5\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$  の間であった (Table 4). これは二倍体栽培品種と比べ比較的高い値であった.

各品種の光合成相対値は, Fig. 3 に示したように  $15^\circ\text{C}$  において 'Solonis  $\times$  *V. riparia*' では最大値の 40% の光合成速度しか示さず, また, *V. vinifera*  $\times$  *V. berlandieri* から育成した 'Grasset 41B' では 57% しか示さなかった. 低温  $15^\circ\text{C}$  で最大値の 80% 以上の光合成速度を維持できるのは, 耐寒性を持ちしか

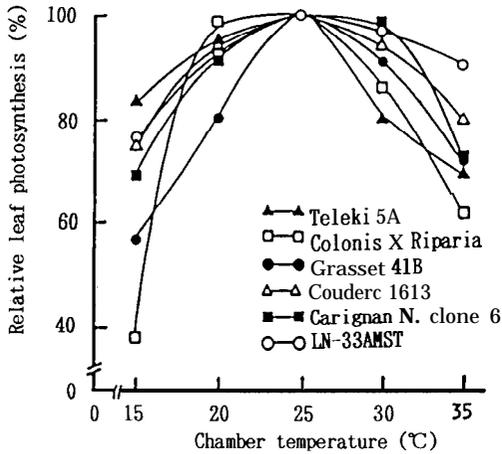


Fig. 3. Differences in apparent photosynthesis values relative to the maximum values in grape cultivars for rootstocks.

も準矮性台木品種として使われている Teleki 系統中の 'Teleki 5A' のみであった。高温35°C条件下では 'LN-33AMST' は最大値の90%の光合成速度を示し、他の品種はいずれも80%以下であったが、特に 'Solonis×V. riparia' における低下割合が最も大きかった。

Fig. 4に示したように、'Teleki 5A' と 'Solonis×V. riparia' の光合成適温域はやや低温側にあり、次いで 'Grasset 41B', 'Couderc 1613', 'Carignan N. clone 6' の順で高温域側に移行した。'LN-33AMST' の適温域は約22~31°Cで供試品種中最も高い高温域を示した。蒸散速度は各品種とも温度が高くなるにつれて増加し30°Cまたは35°Cで最大値を示した (Table 4)。各品種の15°Cにおける蒸散速度には、約0.4~0.5gH<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>/hrと大きな差が見られた。各品種の気孔拡散伝導度は15~20°Cで最大値を示した後、温度上昇に伴って低下した (Table 4)。高温35°C条件下では、'LN-33AMST' および 'Couderc 1613'

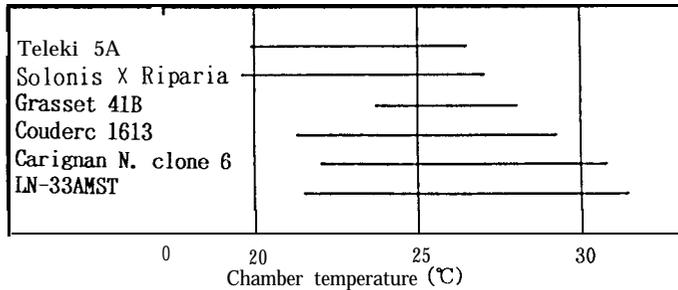


Fig. 4. Characteristics of temperature range showing more than 95% photosynthesis ability of the maximum in 6 grape cultivars for rootstocks.

Table 5. Effect of temperature on water-use efficiency (mgCO<sub>2</sub>/gH<sub>2</sub>O) and intercellular CO<sub>2</sub> concentration (ppm) in grape cultivars for rootstock.

Cultivar (Chamber temp. °C)	Water-use efficiency					Intercellular CO <sub>2</sub> concentration				
	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35
Teleki 5A	26.02	26.58	18.80	12.78	9.95	275.0	228.7	216.3	208.4	161.6
Solonis×V. riparia	14.98	23.26	17.31	12.35	9.79	304.9	254.4	238.2	224.3	202.6
Grasset 41B	18.24	13.96	12.83	9.72	7.49	311.2	305.0	269.5	256.4	243.0
Couderc 1613	28.66	27.27	20.71	14.58	7.31	271.7	243.7	232.9	226.2	259.9
Carignan N. clone 6	28.12	24.47	20.38	15.91	11.50	256.3	231.5	206.7	187.9	181.1
LN-33 AMST	27.10	13.65	14.59	10.79	9.00	297.2	306.1	272.4	269.5	256.8

Table 6. Leaf morphological characteristics of grape cultivars for rootstock.

Cultivars	Leaf thickness ( $\times 10^{-2}$ cm)	Special leaf weight ( $\times 10^{-3}$ mg/cm)	Dry weight (%)	Chlorophyll content (mg/dm <sup>2</sup> )	Stomata density (1 mm <sup>2</sup> )	Length of stomata ( $\mu$ m)
Teleki 5A	1.38	2.95	21.30	5.54	198.55	24.9
Solonis $\times$ <i>V. riparia</i>	1.40	3.34	23.92	4.93	141.10	28.6
Grasset 41B	1.40	2.98	22.16	4.19	177.34	25.9
Couderc 1613	1.40	2.89	20.63	4.66	162.31	28.3
Carignan N. clone 6	1.31	3.10	23.65	4.81	159.36	27.8
LN-33 $\Delta$ MST	1.34	2.76	20.58	4.43	160.13	28.1

の気孔拡散伝導度は、0.36~0.33cm/sec と高い値であった。

水利用効率を Table 5 に示したように、各品種ともに15~20℃の間で最大値を示した後、温度の上昇に伴って低下した。35℃高温条件下における水利用効率はそれぞれの最大値の26~42%を維持するのみであった。各品種の細胞間隙内二酸化炭素濃度は高温ほど低い値を示した (Table 5)。高温35℃条件下における細胞間隙内二酸化炭素濃度の値は約180~260ppmの間で、品種により差が見られた。

葉の厚さは約 $1.3\sim 1.4 \times 10^{-2}$ cm、単位葉面積当たりの乾物重は約 $2.8\sim 3.3 \times 10^{-3}$ mg/cm、乾物率は21~24%であった (Table 6)。

‘Solonis  $\times$  *V. riparia*’の気孔密度は約140/mm<sup>2</sup>、二倍体の品種を含め、最も低い値を示した。気孔長は‘Teleki 5A’が最も小さく、次いで‘Grasset 41B’であった。他の台木品種の気孔長は約28 $\mu$ mで、二倍体品種の中では大きいほうであった。葉緑素含量は‘Teleki 5A’の5.5mg/dm<sup>2</sup>が最も高く、他の品種では5.0mg/dm<sup>2</sup>以下であった。

## 考 察

本研究に供試した全ての品種において、光合成速度は温度の上昇に伴って高まり、20~30℃の間で最大光合成速度を示した後再び低下する傾向が見られた。また、ブドウの乾物生産量も20~30℃の間で大となることから、ブドウの光合成適温は生育適温と近似的関係があると考えられる。

多くの植物の場合、光合成反応における最適温度、最低および最高限界温度はそれらの原生地の温度環境を強く反映することが知られている (Berry and Björkman, 1980; Fitter and Hay, 1981)。熊ら (1985) はブドウ属植物の分布緯度による光合成能力の差異を報告した。即ち低緯度に分布する野性型ブ

ドウ属植物 *V. caribaea*, *V. arizonica* および *V. aestivalis* の光合成適温域は、高緯度または涼涼な地域に原生する *V. coignetiae* および *V. coriacea* より高温側にあることが確かめられた。従って、これらブドウ属植物はそれぞれの分布地域の温度環境に順応する過程において、温度に対する光合成反応に差異を生じたと考えられる。

ブドウ栽培品種の中で、やや乾燥温暖なアジア西部、地中海沿岸諸国などを原生地として発達した欧州種群品種は、米国東部の原生種を中心に育成されたアメリカ種群品種より萌芽期、開花期、収穫期における温度要求量が高いと言われている。著者の研究でも同様に、多くの欧州種群品種の光合成適温はアメリカ種群より高温側にあったが、同じ欧州種群品種の中でも涼涼な地域に栽培される品種の光合成適温域はやや低温側にあることが認められた。このことは、長期間に亘り人為的に選抜された結果、栽培地域の環境条件に適する温度の要求量を持つ品種になったことを示しているものと考えられ、品種レベルにおいても光合成などの温度要求量にはかなりの違いが生じているものと思われる。

台木は主に土壌適応性および病害虫の抵抗性の面から選抜されたものが多いが、品種によって、穂木の樹勢、結実などに違いが生じることが知られている (植原, 1981)。本研究では涼涼な地域に利用される台木品種の光合成適温域はやや低温側で、また準矮性台木品種の光合成速度はやや低いことが認められた。台木が穂木の光合成能力に直接的な影響を及ぼすかどうか、接木実験を行なって判断すべきであるが、台木の特性が間接的に光合成に影響を及ぼすことが考えられる。

例えばブドウの光合成速度、蒸散速度、気孔拡散伝導度は土壌水分含量によって影響を受け、またこれらの反応は品種によって違いがある。即ち、根の吸水活動能力の違いにより間接的に光合成など生理反応に影響

響を及ぼしたものである。ブドウの蒸散作用には温度が最も重要な制限因子であるが (Alleweldt and Rühl, 1982), 土壌含水量が異なると温度の蒸散作用に及ぼす影響も異なると言われている (Beran, 1982). 本研究では適当な灌水を行って、土壌含水量を常に高い状態に維持し調査を行った。この結果、殆どの種及び品種の蒸散速度は温度上昇に伴って高まった。Beran (1982) は土壌含水量が十分な場合には蒸散速度と温度との間に正の関係があると報告している。本研究でも同様な結果が得られた。一方、35℃高温条件下では一部の種及び品種の蒸散速度はやや低下する傾向があったが、これは地温の上昇により根の吸水活動が著しく低下したか、あるいは高温によって気孔開度が低下したことによるものと思われる。一般に、温度上昇に伴う光合成速度の増加よりも蒸散速度の増加の割合が高かった。これは高温条件下ほど水利用効率が低くなるのが原因であると考えられる。

気孔は光強度、温度、湿度および二酸化炭素濃度の変化に対し敏感であることが知られている (Sheriff, 1979). また、温度上昇に伴って気孔の開度は低くなることが知られている (Dowes, 1970). Sheriff (1979) は陽光、高温条件下における気孔の閉塞は気孔開度に対する二酸化炭素の作用および水ストレスのフィードバック機構により間接的に引き起こされると報告している。Schulze *et al.* (1975) は蒸散作用が増加すると葉内水ストレスも高まり、その結果気孔開度が低下すると報告している。これらのことから、高温条件下におけるブドウの気孔拡散伝導度の低下は、その蒸散速度の促進および細胞間隙内二酸化炭素濃度の低下と密接な関連があると考えられる。

縣ら (1983) は厳しい水分環境におかれた場合、蒸散速度および気孔拡散伝導度が小さい作物ほど、体内水分状態を維持するには有利であると報告している。ブドウにおいても、蒸散速度は品種の耐乾性に関連していると言われている (コズマ, 1969). 一般に、耐乾性のある品種では蒸散速度は高いものの、耐乾性の弱い品種よりも気孔反応は敏感であることから、温度の上昇に対して気孔がより早く閉じることができる。このために、高温条件下における蒸散速度の値は耐乾性の弱い品種よりも耐乾性のある品種のほうが低い。以上のことから本研究のように土壌含水量が十分にあり、かつ高温条件下で気孔拡散伝導度が大きい品種では、光合成速度、蒸散速度とも高い値を示したが、体内の水分条件を維持する面ではむしろ不利であると思われる。このために、乾燥状態下あるいは長期間の高

温条件下では、生育上のストレスはより大きいものと思われる。

さらに、高温条件下で光合成速度、蒸散速度および気孔拡散伝導度が大きい品種では、水利用効率はむしろやや低下する傾向があった。また、このような品種の光合成適温域は必ずしも高温側にあるとは限らなかった。これらのことから、ブドウの耐暑性の強弱は、高温条件下における光合成速度の大小のみから判断することは危険である。蒸散速度、気孔拡散伝導度および水利用効率の変化も含めて検討する必要があると思われる。

一般に、葉緑素または窒素の含量が多く、単位葉面積当たりの乾物重または乾物率が高く葉面積が小さい、または葉が厚いほど光合成速度も高いと言われている (Sasahara, 1984; Gosiewski *et al.*, 1982; 稲田, 1984).

ブドウ属植物の気孔は、葉の裏面にのみ分布していると報告されているが (Düring, 1982), 本研究の観察でも同様であった。四倍体品種は二倍体品種と比べ気孔長は31~36 $\mu\text{m}$ と大きいものの、気孔密度は低く約120/mm<sup>2</sup>以下であった。Pathak *et al.* (1976) 及び Beakbane and Majumder (1975) は葉面の気孔分布から、リンゴの生育力を判断することができると述べている。また、リンゴヤツツジにおいて品種による気孔形態の差異は、その光合成速度、蒸散速度、気孔拡散伝導度に影響を及ぼすと報告している (Ceulemans *et al.*, 1980; Slack, 1974).

気孔の大小及び密度は、栽培環境、葉令、葉面上の分布によって差異が生じることが知られている。また、Liu *et al.* (1978), Loveys and Kriedemann (1974) によると、生育上の水分管理による植物体内アブシジン酸 (abscisic acid) とファゼイック酸 (phaseic acid) の変化は気孔開度に影響を与え、これによって光合成速度は変化すると報告している。これらのことから、光合成に及ぼす気孔の影響に関しては、その外部形態や密度よりむしろ環境に対する気孔の生理反応のほうが重要であると思われる。

## 摘 要

最大光合成速度を示す同化箱内温度は種・品種によって異なるが、ほぼ20~30℃の間であった。これより低いまたは高い温度条件下での光合成速度は、顕著に低下した。ほとんどの種・品種の蒸散速度は温度上昇に伴って高くなり、30~35℃の間で最大値を示した。気孔拡散伝導度、細胞間隙内二酸化炭素濃度及び水利用

効率は、15~20℃で最大値に達した後温度上昇に伴って低下した。

巨峰系四倍体品種群では、品種により光合成適温域に違いが見られた。四倍体と二倍体品種の間では、葉の形態の差異は大であったが、温度に対する光合成速度蒸散速度、気孔拡散伝導度、細胞間隙内二酸化炭素濃度及び水利用効率の反応の差は小であった。冷涼な地域で利用される台木品種の光合成適温域はやや低温側であった。準矮性台木として用いられる品種の光合成速度は低い傾向があった。

葉の厚さ、単位葉面積当たりの乾物重、乾物率、葉緑素含量、気孔長及び気孔密度の値は倍数性、台木により多様であった。光合成速度、蒸散速度、気孔拡散伝導度、細胞間隙内二酸化炭素濃度、及び水利用効率とこれら葉の形態との間には密接な関連は認められなかった。

## 文 献

- 泉 和一、竹内芳親、川満芳信、箱山晋、武田友四郎、遠山柁雄 1983 光強度と光合成、蒸散速度ならびに水利用効率との関係からのC<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>作物の特性の違い。鳥取大砂丘研報, 22 : 55-66
- Alleweldt, G., R. Eibach and E. Riihl 1982 Investigation on gas exchange in grapevine. I. Influence of temperature, leaf age and daytime on net photosynthesis and transpiration. *Vitis*, 22 : 93-100
- Beakbane, A. B. and P. K. Majumder 1975 A relationship between stomatal density and growth potential in apple rootstocks. *J. Hort. Sci.*, 50 : 285-289
- Beran, N. 1982 Transpiration of the grapevine (*Vitis vinifera*) as a function of leaf temperature with special regard to the soil water content. *Wein-Wiss.*, 37 : 291-309
- Berry, J. and Björkman 1980 Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31 : 491-543
- Buttrose, M. S. 1968 Some effects of light intensity and temperature on dry weight and shoot growth of grapevine. *Ann. Bot. (Oxford)*, 32 : 753-765
- Ceulemans, R., I. Impens and R. Gabriels 1980 Comparative study of photosynthesis, transpiration, diffusion resistance and water-use efficiency of two azalea cultivars. *Scientia Hort.*, 13 : 283-288
- Dowes, R. W. 1970 Effect of light intensity and leaf temperature on photosynthesis and transpiration in wheat and sorghum. *Aust. J. Biol. Sci.*, 23 : 775-782
- During, H. 1980 Stomata frequency of leaves of *Vitis* species and cultivars. *Vitis*, 19 : 91-98
- Fitter, A. H. and R. K. M. Hay 1981 *Environmental Physiology of Plants*. Academic Press, London.
- Gosiewski, W., H. J. M. Nilwik and J. F. Bierhuizen 1982 The influence of temperature on photosynthesis of different tomato genotypes. *Scientia Hort.*, 16 : 109-115
- 熊同銓・白石眞一・上本俊平 1985 ブドウ品種の光合成能力の温度適応性。園学要旨。昭60春, 501頁
- 稲田勝美 1984 光と植物生育。養賢堂, 東京
- 桑栄美子訳 1969 コズマ:ブドウ栽培の基礎理論。誠文堂新光社, 東京
- Liu, W. T., R. Pool., W. Wenkert and P. E. Kriedemann 1978 Change in photosynthesis, stomatal resistance and abscisic acid of *Vitis labrusca* through drought and irrigation cycles. *Amer. J. Enol. Vitic.*, 29 : 239-246
- Loveys, B. R. and P. E. Kriedemann 1974 Internal control of stomatal physiology and photosynthesis. I. Stomatal regulation and associated changes in endogenous levels of abscisic and phaseic acids. *Aust. J. Plant. Physiol.*, 1 : 407-415
- Pathak, R. K., D. Pandey and V. S. Pandey 1976 Stomatal distribution as an index for predicting the growth potential of apple stocks. *J. Hort. Sci.*, 51 : 429-431
- Sasahara, T. 1984 Varietal variations in leaf anatomy as related to photosynthesis in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Japan. J. Breed.*, 34 : 295-303
- Schulze, E. D., O. L. Lange, M. Evenari, L. Kappen and U. Buschbom 1975 The role of air humidity and leaf temperature in controlling stomatal resistance of *Prunus armeniaca* L. under desert conditions. I. A simulation of the daily course of stomatal resistance. *Oecologia.*, 17 : 159-170
- Sheriff, D. W. 1979 Stomatal aperture and the sensing of the environment by guard cells. *Plant Cell Envir.*, 2 : 15-22
- Slack, E. M. 1974 Studies of stomatal distribution on the leaves of four apple varieties. *J. Hort. Sci.*, 49 : 95-103
- 植原宣紘 1981 品種生態と栽培。農業技術大系果樹編(2):ブドウ農山漁村文化協会, 東京, 123-130頁

## Summary

The temperature at which the highest photosynthetic rate of grapevine varieties was obtained was at a range of 20-30°C, though the optimum temperature varied depending on the varieties. The photosynthetic rate obviously declined at lower or higher temperature than that.

The evapotranspiration (ET) rates of the varieties generally increased as temperature increased, and the rate was the highest between 30-35°C. Stomatal conductivity, CO<sub>2</sub> concentration inside cell spaces and water-use efficiency reached the maximum at 15-20°C. Thereafter, they decreased as temperature increased.

In the group of tetraploid varieties of 'Kyoho' line, the photosynthetically optimum temperature zone varied depending on the varieties. The differences in leaf morphology between tetraploids and diploids was large. The photosynthetic rate of varieties used as semidwarf rootstocks had a tendency to be low.

Concerning cultivars, there were 1 % level of significant difference among stomatal conductivity, ET rate and CO<sub>2</sub> concentration in cell spaces under any temperature conditions in the assimilatory spaces. At the temperature higher than 25°C, 1 % level of significance differences among photosynthetic rate, ET rate and stomatal conductivity were also observed, and the coefficient correlations were high as the temperature was high.