

加温栽培 ‘デラウェア’ ブドウにおける炭酸ガス施用が 生育, 果実収量及び品質に及ぼす影響

小豆澤 齊*・山本 孝司**

Effect of CO₂ Enrichment on Shoot Growth, Yield and Berry Quality of ‘Delaware’ Grapevine Grown Under Forcing Conditions

Hitoshi Azukizawa* and Koji Yamamoto**

I 緒 言

わが国では果樹の施設栽培が多くの樹種で行われ, その面積は2002年現在で約7,300haであり, そのうちブドウの施設栽培面積は約4,000haで最も多い。ブドウの作型は, 近年多様化し, 4月から12月まではほぼ年間を通して出荷が行われている。特に, 高い単価を目的に加温開始時期が早まり, 最も早い作型では12月から行われている。しかし, 作型の早期化に伴い, 樹勢衰弱による果実収量及び品質の低下が著しく, 経営を圧迫している (小豆澤, 1995)。この原因として, 冬季寡日照地帯にあっては, 生育期間の多くが日照不足となり, 光合成能力の低いことが考えられる。一方, 冬季日照の多い表日本では1~4月の外気温は10~13℃と低いため, ハウスを密閉して栽培している。外からの炭酸ガスの供給のないハウス内では炭酸ガス濃度は極めて低いため, 日の出とともに急速にブドウに消費され, 炭酸ガス補償点以下になってしまう。これまで, 果樹栽培における炭酸ガス施用については, カンキツでは森永 (1993), ブドウで本多ら (1970-a-b), 黒岡ら (1990), ナシでは猪俣ら (1993, 1996), 持田ら (1999), イチジクで倉橋ら (1992) などが行っているが, ブドウ ‘デラウェア’ の早期加温栽培において, 炭

酸ガス施用が生育や収量に及ぼす影響に関する研究は見当たらない。著者らはハウス内へ炭酸ガスを施用することによって寡日照地域でも高品質安定多収栽培を実現させるための技術を開発したので報告する。

本研究の実施に当たり, 元島根県農業試験場次長高橋国昭博士及び島根大学生物資源科学部教授板村裕之博士には研究上の助言を賜った。また, 当场園芸部果樹グループ職員からは多くの協力をいただいた。

II 材料及び方法

1. 加温栽培ブドウ園のハウス内炭酸ガス濃度の実態

ハウス内の炭酸ガス濃度の日変化を調査した。1994年12月25日に加温を開始した超早期加温栽培 ‘デラウェア’ 20aを供試し, 炭酸ガスの施用は, LPガス燃焼方式による炭酸ガス発生機 (桂精機製) を用いて, 展葉5~6枚期の1995年1月25日から行った。炭酸ガス濃度の測定は, 赤外線炭酸ガス濃度測定器 (富士電気製) を用いて, 満開15日後の3月8日から7日間行った。供試園における炭酸ガス施用時間は6時から17時まで行い, 施用濃度は最高3,000ppmに設定し, ハウス内温度が30℃以上で換気を行った。

2. 炭酸ガス濃度とブドウ個葉の光合成特性

炭酸ガス濃度がブドウ‘デラウェア’の光合成速度に及ぼす影響を調査した。実験には、無加温ハウス栽培において直径15cm素焼き鉢で育成した3年生自根‘デラウェア’を供試した。炭酸ガス濃度の調節は次のように行った。濃度を上昇させる場合には屋外の空気を封入したエアバッグに呼吸を入れるか、または液化炭酸ガスを流入した。一方、下げる場合にはソーダライムを使用した。光合成速度の測定は、同化箱法を用いて1989年9月に無着果枝の第8～10葉を供試して行った。炭酸ガスの測定には赤外線ガス分析計（堀場製ASSA-1600形）を用い、同化箱（島津製単葉形SPB-1の付属品）はシロッコファンとサーモモジュールが内蔵され、温度調節が可能であった。また、光強度が光合成速度に及ぼす影響を調査した光源はタングステンランプ（岩崎電気製）500W2灯を使用し、スライダックで照度の調節を行った。

3. 炭酸ガス施用が樹体生育及び果実の収量と品質に及ぼす影響

炭酸ガス濃度の違いが樹体生育に及ぼす影響に関する実験には1室32m²のガラス室を4室使用し、各室にドラム缶半切鉢育成の8年生‘デラウェア’（自根）を5鉢ずつ搬入し、1994年1月13日から加温を開始した個体を供試した。試験区は炭酸ガス濃度1,500ppm区、3,000ppm区、4,500ppm区及び対照区であった。炭酸ガス施用は前述と同様の方法で、展葉5～6枚期の2月

6日から収穫期の5月26日まで終日行った。炭酸ガス濃度の制御には富士電気製のZFP-9を用いた。純同化率は、各区10新梢を抽出し、結果母枝単位で3月25日に環状はく皮を行い、成熟期の5月25日に切り取り、果実、葉身、葉柄、茎のそれぞれの乾物増加量を累積葉面積と日数で除して算出した。

炭酸ガスが超早期加温栽培‘デラウェア’の樹体生育及び果実収量・品質に及ぼす影響に関する実験は、当時旧大社試験地の砂丘未熟土に植栽した17年生‘デラウェア’園で行った。試験区は両屋根式単棟ハウス（20a）で、ハウスを半分にビニルで仕切り、炭酸ガス施用区と無施用区に分けた。加温は1990年12月21日から開始した。炭酸ガスの設定濃度は1,800ppmであった。1日当たりの施用時間は6時から15時で、施用期間は展葉5～6枚期から収穫期までであった。なお、ハウスの換気温度は30℃とした。新梢の生育は各区2樹から各20本について、果実の品質は成熟期に1樹当たり10果房について、また収量は全量について調査した。

III 結 果

1. 加温栽培ブドウ園のハウス内炭酸ガス濃度の実態

図1には晴天日におけるハウス内炭酸ガス濃度の日変化を示した。午前6時以降炭酸ガスの施用に伴って濃度の上昇が急激となり2,600ppm

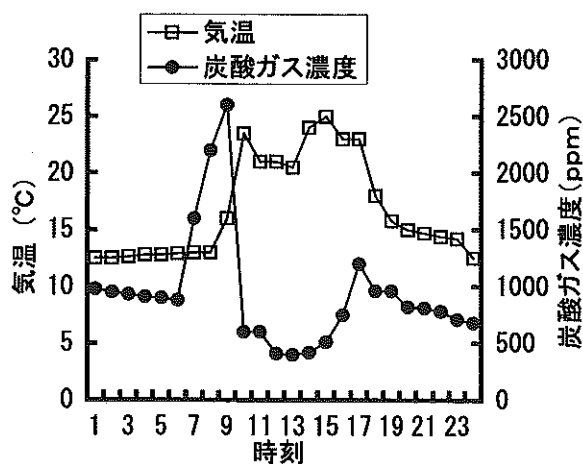


図1 ブドウ‘デラウェア’ハウス内における気温と炭酸ガス濃度の日変化
(1995.3.9 天候：晴れ)

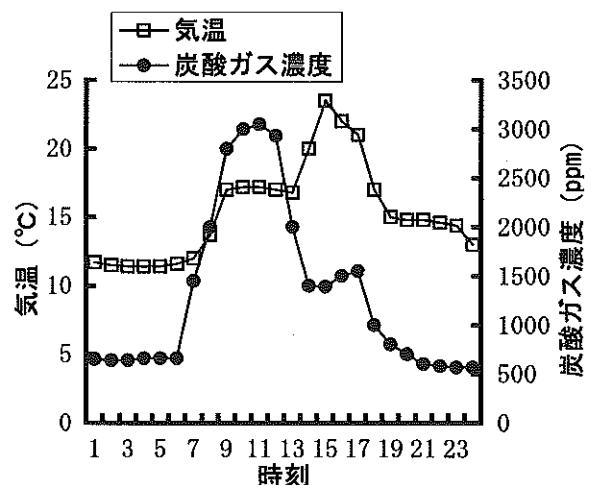


図2 ブドウ‘デラウェア’のハウス内における気温と炭酸ガス濃度の日変化
(1995.3.10 天候：雨のち曇り)

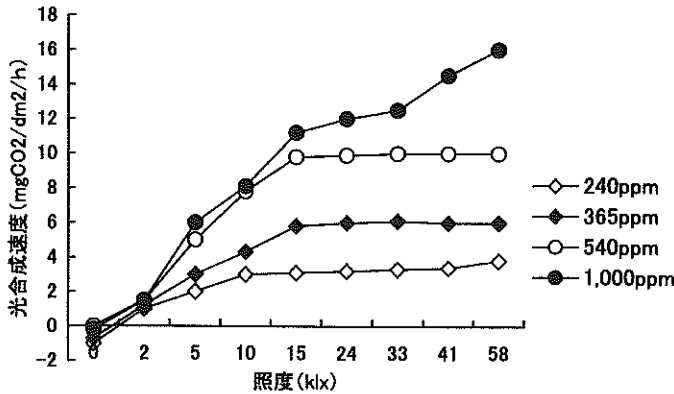


図3 光強度及び炭酸ガス濃度がブドウ‘デラウェア’のみかけの光合成速度に及ぼす影響 (温度25℃, 1989)

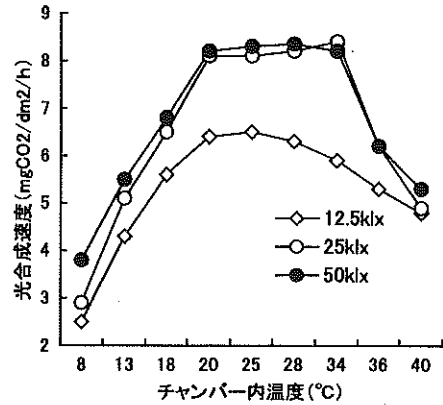


図4 温度及び光強度がブドウ‘デラウェア’のみかけの光合成速度に及ぼす影響 (CO₂濃度340~350ppm, 1989)

に達したが、9時以降は急速に低下し、15時頃まで400ppm程度の状態が続き、以後徐々に上昇し、17時には1,200ppmとなった。図2は雨のち曇りの状態における日変化を示した。8時から12時の降雨時には3,000ppm程度と高い濃度を示したが、曇天状態になると1,500ppmまで急速に低下した。

2. 炭酸ガス濃度とブドウ個葉の光合成特性

図3には25℃での炭酸ガス濃度と光強度が‘デラウェア’のみかけの光合成速度に及ぼす影響を示した。炭酸ガス濃度が高いほど光合成速度は高くなり、光飽和点も炭酸ガス濃度が高いほど高く、光補償点は炭酸ガス濃度にほとんど影響せず0.5klx付近であった。光合成速度をみると240~540ppmでは15klxで平衡状態であったのに対し、1,000ppmでは測定した範囲における光飽和点は認められなかった。

図4には温度と光強度が‘デラウェア’の光合成速度に及ぼす影響を示した。同化箱内の炭酸ガス濃度を240~1,000ppmの範囲において温度条件25℃で光強度を変えた場合の光合成速度をみると、照度が50klxと25klxでは28℃で最も高くなった。また、12.5klxでは20℃で最も高く、これ以上になると、緩やかな放物線を描いて低下した。いずれの光強度の場合でも光合成速度は8℃で著しく低下した。

3. 炭酸ガス施用がブドウ‘デラウェア’の樹体生育及び果実収量と品質に及ぼす影響

図5には早期加温栽培における炭酸ガス濃度の違いが新梢生長に及ぼす影響について示した。

展葉8枚期から果粒軟化期までの新梢生長は、開花1か月後までは炭酸ガス濃度による差は小さかったが、果粒軟化期においてはすべての施用区で長く、3,000ppm区が最も長く、次いで4,500ppm区、1,500ppm区の順であった。

図6には早期加温栽培における炭酸ガス施用濃度の違いと純同化率との関係を示した。純同化率は、いずれの施用区とも対照区より高くなり、特に、1,500ppm区で高かった。

図7には超早期加温栽培における炭酸ガス施用が新梢生育に及ぼす影響について示した。新梢長は、開花期以降成熟期にかけて炭酸ガス施用区が無施用区より長かった。

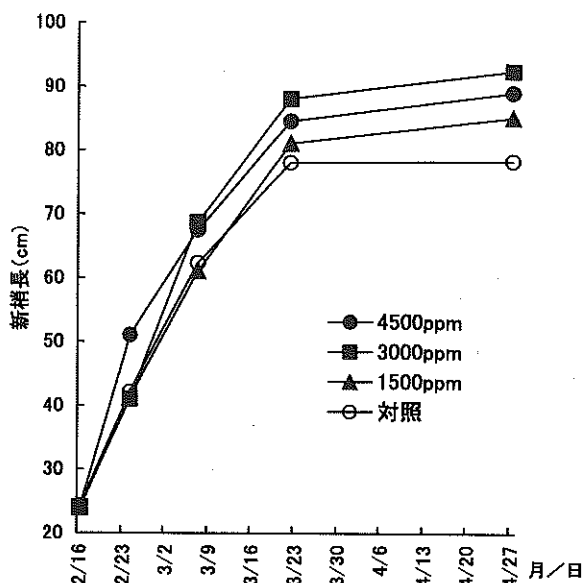


図5 早期加温栽培ブドウ‘デラウェア’における炭酸ガス濃度の違いが新梢生長に及ぼす影響 (1994)

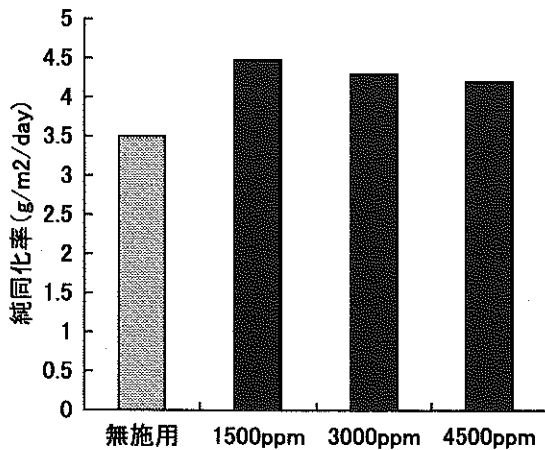


図6 早期加温栽培ブドウ‘デラウェア’の炭酸ガス濃度が純同化率に及ぼす影響 (1994)

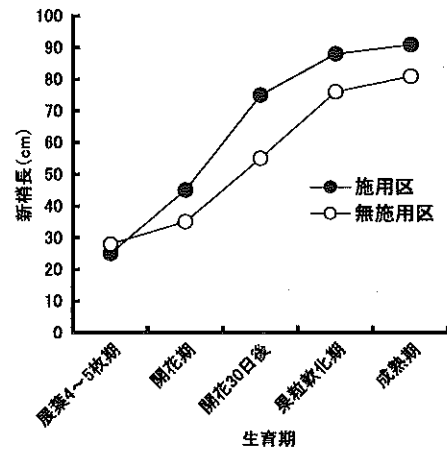


図7 超早期加温栽培ブドウ‘デラウェア’における炭酸ガス施用が新梢生長に及ぼす影響 (1993, 設定濃度1,800ppm)

表1 超早期加温栽培ブドウ‘デラウェア’における炭酸ガス施用がLAI, 収量及び果実品質に及ぼす影響 (1993)

試験区	LAI	収量 (kg/m ²)	1房重 (g)	1粒重 (g)	果色	果粉	糖度 (Brix%)	遊離酸含量 (g/100ml)
施用区	2.1	1.24	132	1.59	6.5	3	20.3	0.73
無施用区	2.0	0.92	110	1.20	6.2	2	19.4	0.74

注) 調査園数はそれぞれ5園, 果色は農林水産省果樹研究所基準カラーチャート値

表1には炭酸ガス施用が超早期加温栽培のLAI, 収量及び果実品質に及ぼす影響について示した。LAI, 果色, 果粉, 遊離酸含量には差がみられなかったが, 収量, 1房重, 1粒重, 糖度はいずれも施用区で高かった。特に, 収量は施用区が無施用区より0.32kg/m²多く, 10aに換算すると300kg以上であった。また, 1粒重も施用区で約0.4g重かった。

IV 考 察

島根県におけるブドウ‘デラウェア’の栽培は, 12月から加温を開始する超早期加温栽培から無加温ハウス栽培まで7つの作型で構成されている。近年は早期から加温する作型の増加が著しく, 5月下旬に出荷する早期加温栽培, 6月上旬から出荷する普通加温栽培が中心になっている。島根県の早期加温栽培‘デラウェア’園の収量は1,000kg/10a以下で冬季の日射量が多い山梨県と比べ20~30%も少ない。その原因として, 一般的に考えられているのは, 冬季の日射量が少ないことである。気象データによれ

ば, 11月下旬から3月上旬にかけての島根県における日射量は山梨県の約1/3である。したがって, 生育期間の大半を冬季に経過する作型の収量や品質が劣るのは, 日射量不足に起因すると考えられる。これらの作型は生育期間の1月から4月が寡日照下であり, 開花結実を促進するために, ハウス内を密閉して栽培しているのが普通である。そのため, 晴天日はもちろん曇天日でも昼間のハウス内炭酸ガス濃度は葉が繁茂している状態で400ppm以下まで低下する(持田ら, 1999; 山本ら, 1991)。このために, ブドウ樹の光合成能力が著しく低下し, 場合によっては生育障害の発生原因ともなっている(小豆澤, 1995)。

それでは, その差を克服することは不可能であろうか。まず, 考えられるのは人工光による補光であるが, この方法は現在の経済下ではコスト面で成り立ちにくい。

そこで, 光合成を促進する炭酸ガスの施用について検討した。炭酸ガスは水とともに光合成の材料であり, 光合成産物であるグルコースにCとOを供給している。したがって, 重さでは

光合成産物の93%を炭酸ガスが占めることになる(板木, 1983). 著者らはそのことに注目して、日射量の不利を克服することができないか実験を行った. すなわち、空気の炭酸ガス濃度は、地域や季節によってほとんど変動しないこと、そして冬季日射量が少ないとハウス内温度が上昇しないために密閉時間が長く、炭酸ガス施用効果が高くなることが予想される. さらに、燃焼法による炭酸ガス施用は、安価であるとともに、加温の効果も併用できるという利点がある.

炭酸ガス施用の有効性については、野菜だけでなく果樹でもかなり有効なことが確認されている(森永, 1993; 猪俣ら, 1996; 黒岡ら1990).

まず、実際のハウス内における炭酸ガス濃度の変化を調査した. ハウス内における夜間の炭酸ガス濃度は、ブドウの呼吸や土壌中の有機物分解による微生物の呼吸などにより高くなるとされているが、本実験でも500~1,000ppmと通常の大気中の濃度(330ppm程度)よりも高かった. しかし、炭酸ガスを施用すると当然ハウス内の炭酸ガス濃度は高かったが、光強度の上昇に伴って急激に低下し、曇天日でも日中の炭酸ガス濃度が500ppmより高くなることはなかった. このことは、炭酸ガス施用により、ブドウ葉の光合成速度が促進されていることを示唆するものである.

次に、炭酸ガス濃度がブドウ‘デラウェア’の生育と収量に及ぼす影響について検討した. 図3にみられるように、ブドウの光合成速度は、照度や炭酸ガス濃度の上昇に伴って高くなった. この結果は、山本ら(1992)のブドウ‘巨峰’個葉、森永(1993)のカンキツ、猪俣ら(1993)のニホンナシ‘幸水’、黒岡ら(1990)のブドウ‘巨峰’、倉橋ら(1992)のイチジク‘榊井ドーフィン’の報告などと同じである. ここで、注目すべきことは、炭酸ガス濃度が高いと低照度での光合成速度の立ち上がり早いことである. 図2, 3から明らかのように、大気中の炭酸ガス濃度に近い365ppmでは15klxで飽和に達し、その値は5 mgCO₂/dm³/h程度であった.ところが、540~1,000ppmでは、5 klxでこれと同等の光合成速度を示した. すなわち、炭酸ガス濃度を高めることによって、日射量が表日本の

1/3しかない低日照地帯でも、表日本と同程度まで光合成速度を高められる可能性があると考えられる. また、図4から低照度では25℃程度が光合成の最適温度であることが明らかとなった. 寡日照地帯では、換気の必要がほとんどないことから、ハウス内においては曇天であっても日中温度を光合成最適温度に高めることは容易であり、同時に炭酸ガス施用ができるという利点がある. これに比べ、表日本では冬季の日射量が強いため、ハウス内温度は著しく上昇し、燃焼法による炭酸ガス施用が困難である. このことから、冬季寡日照地帯の早期加温栽培‘デラウェア’においては、炭酸ガス施用が極めて有効な手段と考えられる.

最後に、炭酸ガス施用が果実収量及び品質に対する効果について検討した. 表1に示したように、LAIが同じであっても、炭酸ガス施用により、1粒重が無加温ハウス栽培並みの1.59 gとなり、その結果収量は35%増加した. また、糖度は高くなり、果粉の着生も優れるなど、炭酸ガス施用の効果は顕著であった. このような結果を踏まえて、島根県では2月中旬までに加温開始する作型のほとんどに炭酸ガス施用が行われている. このため、超早期加温栽培をはじめ早期加温栽培‘デラウェア’の市場での評価は極めて高く、炭酸ガス施用の効果は実際栽培で実証されたと言ってよい.

以上のように、冬季寡日照地域における加温栽培‘デラウェア’に対する炭酸ガスの施用効果は明らかであるが、生産費の節減を図るため、日中の施用を控えた農家はよい結果を得ていない. したがって、炭酸ガスを施用する際には、日中できるだけ長時間施用する必要がある. 日射が強くて換気する場合でも風上側を閉め、ハウス内空気の流れを抑制するなどして施用するのがよいと考えられる. また、本結果からブドウ‘デラウェア’に対する炭酸ガス施用濃度は1,500ppmが適当と考えられるが、効果的な施用期間や低コスト生産を考慮した生育期別の施用濃度の設定など、効率的な施用方法を検討する必要がある. さらに、炭酸ガス施用により35%程度の増収となることから、それだけの樹体内無機成分も必要となる. これらのことを踏まえて、炭酸ガス施用の効果をより高めるには、施

肥管理をはじめ全体的な栽培管理の徹底が条件となる。

V 摘 要

加温栽培の‘デラウェア’ブドウについて炭酸ガス濃度と光合成速度との関係を明らかにするとともに、炭酸ガス施用の有用性を検討した。

1. 炭酸ガス濃度が高いほど‘デラウェア’個葉の光合成速度が高くなり、光飽和点もやや高くなった。
2. 炭酸ガス濃度340~350ppm下におけるみかけの光合速度は、光強度及び温度に大きく影響された。
3. 早期加温栽培‘デラウェア’に対する炭酸ガス施用は新梢生長を促した。
4. 早期加温栽培‘デラウェア’の純同化率は、1,500ppmの炭酸ガス濃度で最も高くなったことから‘デラウェア’における炭酸ガス適正施用濃度は1,500ppmと考えられた。
5. 超早期加温栽培‘デラウェア’における炭酸ガス施用は、収量を300kg/10a増加させた。

引 用 文 献

- 小豆澤斉 (1995) 施設栽培ブドウにおける土壌肥料学的研究. 島根農試研報29, 1-107.
- 本多 昇・岡崎光良・高見真輔・浅田達夫 (1970-a) 光合成を基盤としたマスカットぶどうの生産力増強に関する研究 (第1報) CO₂施与の効果について. 岡山大学術報35, 11-22.
- 本多 昇・岡崎光良・高見真輔・浅田達夫 (1970-b) 光合成を基盤としたマスカットぶどうの生産力増強に関する研究 (第2報) CO₂施与方法について. 岡山大学術報35, 23-33.
- 猪俣雄司・八重垣英明・倉橋孝夫・下山博之・本條 均・鈴木邦彦 (1993) 炭酸ガス施用がニホンナシ‘幸水’の果実品質及び新梢伸長に及ぼす影響. 果樹試報25, 77-85.
- 猪俣雄司・八重垣英明・本條 均・高辻豊二・鈴木邦彦 (1996) 炭酸ガス施用の時期及び長さがニホンナシ‘幸水’の若木の乾物生産に及ぼす影響. 果樹試報29, 41-50.
- 板木利隆 (1983) 施設園芸・装置と栽培技術. 誠文堂新光社, 527.
- 倉橋孝夫・本條 均・朝倉利員・猪俣雄司・杉浦俊彦 (1992) CO₂施用がイチジク‘榊井ドーフィン’の光合成特性及び物質生産に及ぼす影響. 近畿中国農研84, 30-33.
- 黒岡 浩・福長信吾・湯田英二・中川昌一・堀内昭作 (1990) CO₂施用がブドウ‘巨峰’の生育と果実品質に及ぼす影響. 園学雑59, 463-470.
- 森永邦久 (1993) カンキツの光合成の向上と果実生産に関する研究. 四国農試報, 135-205.
- 持田圭介・小豆澤斉 (1999) CO₂施用がニホンナシ‘新水’の果実肥大と品質に及ぼす影響. 農業生産管理誌6(2), 27-29.
- 高橋国昭 (1986) ブドウの適正収量に関する研究. 島根農試研報21, 1-104.
- 山本孝司・小豆澤斉・安田雄治 (1991) 早期加温栽培‘巨峰’における炭酸ガス施用効果. 園学中四国支部要旨, 3.
- 山本孝司・小豆澤斉・安田雄治 (1992) 超早期加温栽培ブドウにおけるCO₂施用が結果枝の無機成分に及ぼす影響. 園学雑別62, 190-191.

Summary

We found a close relationship between carbon dioxide enrichment and photosynthetic rate of grape vine in forcing culture and established the carbon dioxide application technique.

1. The higher dioxide CO₂ concentration the higher photosynthetic rate and also the light saturation point increased slightly.
2. The apparent photosynthetic rate under the CO₂ concentration between 340~350 ppm was markedly affected by light intensity and temperature.
3. The current shoot elongation, largely increased by CO₂ application.
4. The net assimilation rate NAR was highest under the CO₂ concentration at the rate of 1,500 ppm. The optimum concentration of CO₂ application was thought to be about 1,500 ppm in ‘Delaware’ grape vine culture.
5. CO₂ application on ‘Delaware’ grape vine cultivated by early heating system promoted the yield by about 300kg/10a.