

カキ '刀根早生' 早期加温栽培における花芽分化時期に基づく低コスト CO₂ 施用法

今川順一*・杉村輝彦・脇坂 勝

奈良県農業技術センター果樹振興センター 637-0105 奈良県吉野郡西吉野村湯塩 1345

Cost-Effective Application Technique for Carbon Dioxide in Forcing Cultured Japanese Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) 'Tone-wase'

Junichi Imagawa*, Teruhiko Sugimura and Masaru Wakisaka

Nara Fruit Tree Research Center, Nishiyoshino, Nara 637-0105

Summary

Fertilization techniques using carbon dioxide with liquid CO₂ and an exhaust of oil-burner were investigated for preventing decreased flower formation in forcing-cultured 'Tone-wase' persimmon.

In both open-field and forcing culture, flower bud development rapidly progressed from 5-6 weeks to 8 weeks after full bloom. Thereafter, flower bud development scarcely proceeded.

CO₂ fertilization from full bloom to the end of heating (just before fruit coloring), with both liquid CO₂ application for 5 hours early every morning, which raised the CO₂ concentration in the greenhouse to 1,500 ppm, with oil-burner exhaust all day long, improved flower bud formation, fruit weight and yield per tree. These methods lowered the cost of CO₂ application to one-half or one-third of the cost for conventional treatment.

キーワード: CO₂ 施用, 花芽, 果重, カキ, 加温栽培

緒 言

奈良県ではカキのハウス栽培が盛んで、全国の生産量の約 64% を産出する (日本園芸農業協同組合連合会, 2004)。ハウス栽培の作型としては、1 月下旬から加温を開始し 8 月中旬から 9 月中旬に収穫する普通加温栽培と、前年の 12 月下旬から加温を開始し 7 月上旬から 8 月中旬に収穫する早期加温栽培に大別できる。奈良県における '刀根早生' の普通加温栽培では、露地栽培に比べて収量が増加し糖度も向上する。しかし、早期加温栽培においては翌年の着花が少なくなるという普通加温栽培ではみられない現象が起こる。この対策として、CO₂ 施用を、開花 2 週間前から加温停止時まで、液化 CO₂ によって施設内 CO₂ 濃度 1,500 ppm を目標として施用すると、翌年の着花数が増加するとともに、当年の果重も増加する。しかし、液化 CO₂ を用いると、10 a 当たり約 27 万円のランニングコストがかかり (今川ら, 2002)、近年のハウスガキ販売単価の低落傾向の中での経営は困難である。

そこで、本研究は、CO₂ 施用の効率化を図るために、早期加温栽培下における花芽分化時期の明確化および、液

化 CO₂ による CO₂ 施用法の施用時間や施用時期および灯油燃焼方式による CO₂ 施用法について検討を行った。

材料および方法

1. 早期加温栽培条件下における花芽分化時期
奈良県農業技術センター果樹振興センター内で早期加温栽培および露地栽培されている '刀根早生' (9 年生) の花芽の発育状況を観察した。2002 年のそれぞれ満開 4~11 週後にかけて、1 週間毎、同一樹の陽光に面した約 20 cm の 1 年生無着果枝 5 本を採取した。その先端より 3 芽、合計 15 芽に含まれる花芽の発達ステージおよび数を、りん片剥皮法 (江口, 1950) により実体顕微鏡で調査した。花芽の分化段階の評価は西田ら (1961) の方法に従って行った。なお、早期加温栽培は 2001 年 12 月 27 日に加温を開始した。

2. 低コスト CO₂ 施用法の検討

奈良県農業技術センター果樹振興センター内で早期加温栽培されている '刀根早生' (8 年生) を供試して、第 1 表のようにハウス内で CO₂ 施用を行った。ハウスの面積は 2.5 a で、棟高 4.7 m、軒高 3.0 m、間口 5.0 m の 4 連棟アーチ型ハウスであった。施用前日にハウス内を 2 等分に仕切って各室の気密性を保ち、一方を CO₂ 施用区、他方を無処理区とした。CO₂ 施用は、2001 年はタイマーや電磁弁を利用した液化 CO₂ 施用方式を行い、目標を 1,500

2004 年 3 月 25 日 受付。2004 年 7 月 22 日 受理。

本研究は「平成 13~16 年度画期的園芸作物新品種創出による超省力栽培技術の開発」委託研究により行った。

* Corresponding author. E-mail: imagawa@naranougi.jp

第1表 CO₂施用の状況および栽培概要

施用方法	施用時期	加温開始日	満開日	収穫時期
2001年 液化CO ₂	3/1~5/20	12/27	2/23	6/19~8/8
2002年 灯油燃焼	3/7~5/29	12/27	3/5	7/1~8/26

月日は「月/日」で示す

ppmに設定し、日の出前1時間より4.5~5時間施用した。2002年は、前年と同じハウスを使用し、灯油を使用する植物用石油燃焼機(松下電器産業製OH-A03, 熱出力2,580 kcal/h)を用いた。なお、この燃焼機は夜間は停止していて、日の出とともに自動点火し強運転が開始され、日中のハウス内気温が30℃を超えると弱運転に替わる燃焼パターンを示し、CO₂を放出するタイプである。CO₂施用中、それぞれの区のCO₂濃度及び温度を記録した。

両年とも、生理落果終了後に着果数・葉数を調査し、摘果により葉果比を2001年は10、2002年は15に調整した。収穫はカラーチャート(農水省作成カキ‘平核無’用)を用い、果実の赤道部の果皮色のチャート示度が4~4.5となった時点で順次行なった。収穫した果実は全果実の1果重を測定するとともに、2001年は6月19日から7月17日、2002年は7月22日から8月26日にかけて1樹当たり無作為に20果ずつ(2002年は15果ずつ)選び、糖度を屈折糖度計で測定した(各処理区3樹を供試)。また、落葉後の12月に陽光に面した約15cmの結果母枝を1樹当たり5本採取し、先端より3芽、合計15芽に含まれる花芽の発達ステージおよび数をりん片剥皮法により実体顕微鏡で調査した(各処理区3樹を供試)。

結果および考察

1. 早期加温栽培におけるCO₂施用が花芽分化に及ぼす影響

露地栽培および早期加温栽培の満開期はそれぞれ5月14日と3月6日であった。花芽分化については、露地栽培および早期加温栽培ともに、満開4週後には分化の開始が顕微鏡下で確認された(第2表)。総花芽数についてみると、露地栽培では満開5週後より、早期加温栽培では満

第2表 各作型での花芽分化の状況

満開	露地					早期加温				
	I*	II	III	IV	計	I	II	III	IV	計
4週後	0.2 [†]	0.6	0.2	0	1.0	0.4	1.0	0.2	0	1.6
5週後	0	2.4	1.8	0	4.2	0.2	2.0	0.6	0	2.8
6週後	0	2.0	2.0	0.8	4.8	0.6	3.8	3.6	0.8	8.8
7週後	0	2.6	3.2	0.2	6.0	0.2	2.6	4.6	2.6	10.0
8週後	0.4	2.0	6.0	0.6	9.0	0.2	3.8	3.8	4.2	12.0
9週後	0	2.4	3.2	3.6	9.2	0.4	3.0	3.6	5.4	12.4
10週後	0	1.6	3.0	4.4	9.0	0	2.6	3.4	7.2	13.2
11週後	0	0.8	3.0	5.6	9.4	0.4	3.0	2.8	7.6	13.8

* 花芽の発達段階としてIは分化直前、IIは分化初期、IIIは分化期、IVは雌花がく片形成初期である

† 未着果枝の第1~3芽の花芽の合計数の平均(n=5)

開6週後より急増し、両栽培ともに満開8週以降はほとんど増えなかった。満開8~11週後にかけて、両作型で花芽の発育が認められたが、花芽の分化・発育状況には作型による差は認められなかった。

今回、‘刀根早生’で花芽の発達程度を調査した結果、露地栽培では満開4週後より花芽分化が開始していたが、これは平年の生育暦からみると6月下旬に当たる時期である。このことは、露地栽培のカキ‘平核無’において、7月上旬になると腋芽茎頂での葉原基の分化が次第に抑えられ、それとともに葉原基の腋部分裂組織が隆起し、その後多くは花芽へと発達するという報告とほぼ一致する(原田, 1984)。また、本調査では、満開11週後にはほぼ花芽分化は終了した。この現象は、露地栽培条件下におけるカキ‘富有’においては、8月中下旬まで花芽分化が行われるが、それ以降は新たな花芽分化が認められず、同様に花芽の発育も停止するという福井ら(1998)の報告とほぼ一致する。

本試験の結果、CO₂施用することにより総花芽数が増加し、翌年ほぼ花に分化すると思われる雌花がく片形成初期まで発育した花芽数が無処理区に比べて顕著に増加した(第3表)。花芽の分化・発育時期の重要性は、松本ら(1982)や長谷川(1983)の報告等からもうかがえるが、早期加温栽培における‘刀根早生’の花芽分化時期は満開4~11週後であり、その期間にCO₂施用することにより光合成速度が高まり同化養分が増加し、花芽が増えたものと推察される。

2. CO₂施用の効果と低コスト施用法

両年を通じてCO₂施用することにより、果重が増加するとともに、10a当たりの換算収量も増加したが、糖度に明らかな差は認められなかった(第4表)。また、累積収穫率にも、差は認められなかった(データ省略)。

2002年におけるハウス内CO₂濃度は、CO₂施用区で晴天時(4月14日)には日の出後2時間30分に約1,600ppm、曇天時(4月9日)には日の出後4時間30分に約2,500ppmまで高くなった。しかし、日中は無処理区では200ppm前後まで低下し、CO₂施用区でも換気のためサ

第3表 早期加温栽培条件下におけるCO₂施用が花芽分化に及ぼす影響

調査年	処理区名	着果枝				未着果枝			
		第1芽	第2芽	第3芽	計	第1芽	第2芽	第3芽	計
2001年	CO ₂ 施用区	1.8 [†]	0.3	0	2.1	2.8	0.8	0.1	3.7
		(4.5) [†]	(2.2)	(0.8)	(7.5)	(5.1)	(3.6)	(1.1)	(9.8)
	無処理区	0.1	0	0	0.1	0.7	0.1	0	0.8
		(2.8)	(1.4)	(0.1)	(4.3)	(3.4)	(2.3)	(0.4)	(6.1)
	有意性 [‡]				**				**
2002年	CO ₂ 施用区	4.3	3.5	1.3	9.1	4.7	3.9	1.7	10.3
		(6.7)	(5.7)	(4.1)	(16.5)	(6.8)	(5.9)	(4.2)	(16.9)
	無処理区	2.7	1.4	0.1	4.2	3.5	2.1	0.9	6.5
		(5.7)	(3.9)	(2.2)	(11.8)	(5.5)	(4.1)	(2.7)	(12.3)
	有意性				**				**

* 花芽の発達段階が、雌花がく片形成初期以後の花芽数の合計の平均(n=15)

† 総花芽数の平均(n=15)

‡ t検定により、太字の処理区間で**は1%水準で有意性あり

第4表 早期加温栽培条件下におけるCO₂施用が果実品質に及ぼす影響

調査年	処理区名	果重 (g)	収量 (kg/樹)	換算収量 (t/10a)	糖度 (Brix)
2001年	CO ₂ 施用区	203.1	36.9	4.7	14.7
	無処理区	172.4	26.8	3.4	14.8
	有意性 [*]	**			ns
2002年	CO ₂ 施用区	249.8	26.8	3.4	16.7
	無処理区	226.1	23.2	3.0	16.9
	有意性	**			ns

^{*} t検定により, **は1%水準で有意性あり, nsは有意性なし

イドと谷のフィルムを開放したためか, 無処理区より100~200 ppm増加したにとどまった(第1図).

本実験により, 開花期頃より日の出前1時間から4.5~5時間, 1,500 ppmを目標濃度として液化CO₂を施用したり, 灯油燃焼方式によりCO₂施用したりすることで, 当年の果重および翌年の花芽数が増加することが明らかとなった.

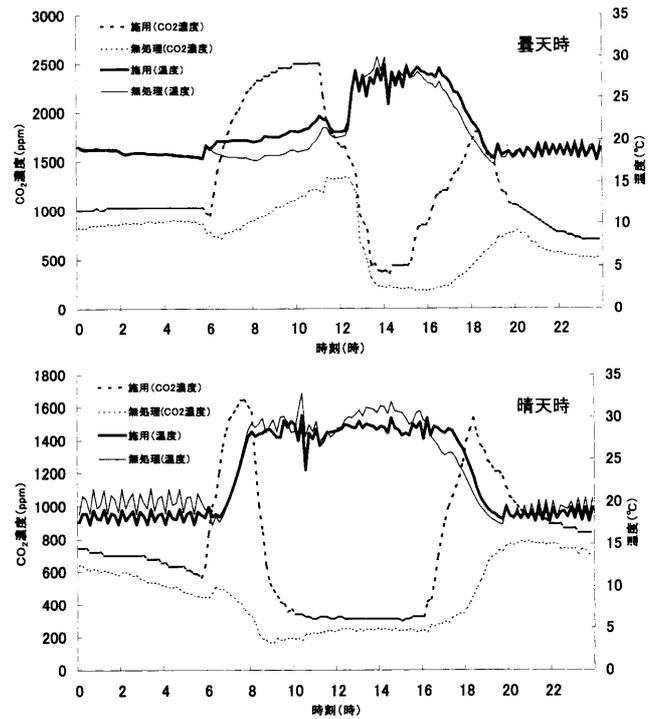
2001年のCO₂施用区は, 無処理区に比べて糖度の低下を伴うことなく収量が増加した. 2002年のCO₂施用は2001年のCO₂施用区と同一樹に対して行っているが, 2002年にも対照区よりも多い収量が継続して得られている. このことは加温促成栽培において, CO₂施用を行うことは隔年結果性の軽減に有効であるということを示唆するものである.

野菜や花卉の分野では, 栽培現地でもCO₂施用して効果を上げている例が多数ある. 果樹分野においても, 黒岡ら(1990)の報告など, ブドウを材料とした試験例や普及例が多い.

カキについては, カキ‘西条’において, CO₂ 1,300~1,500 ppmを8月20日から2か月間日中施用することにより, 果重や糖度の増加が認められた例では, CO₂施用により光合成産物の果実への転流や分配が優れることが, 果実品質の向上ならびに果実重の増大につながったとしている(森永ら, 1999). また, カキ‘西条’において, CO₂ 1,500 ppmを4月16日(開花始期)から8月4日(成熟期直前)まで施用することにより, 果重の増加・着色の促進はみられたものの糖度に明らかな差は認められなかったという報告もある(持田ら, 1999).

この度の調査で, 開花期からの液化CO₂による半日施用や灯油燃焼方式による終日施用により, 翌年の着花数の増加や当年の1果重が増加することが明らかとなった. この際の液化CO₂の総施用量は10a当たり換算で1,440 kg, 灯油の総使用量は2,112 literで, それぞれ約13万円および約8万円の施用コストになった. この結果に, 今川ら(2002)の報告等を加えて, 所得を算出すると第5表のようになる. ランニングコストは, 前回の方法の2分の1から3分の1に低下させることができ, 所得は約10~30%向上した.

しかし, カキ‘新秋’において, CO₂ 1,500 ppmを施用

第1図 ハウス内のCO₂濃度および温度の推移第5表 CO₂施用の導入が経営収支におよぼす影響

施用方法	粗収入 (円)	生産費 (円)	機械導入費 (円)	ランニングコスト (円)	所得 (円)
灯油終日施用	3,911,400	2,659,100	49,200	80,000	1,123,100
CO ₂ 半日施用	3,911,400	2,659,100	90,000	130,000	1,032,300
CO ₂ 終日施用(慣行)	3,911,400	2,659,100	90,000	270,000	892,300
無施用	3,052,800	2,375,600	0	0	677,200

表中の数字はすべて10a当たりの数字である

粗収入 = (2001年および2002年の7月上旬~8月中旬のハウス柿の平均単価)

×収量(2001年と2002年の平均)

機械導入費は耐用年数を5年として(機械の価格)÷5とした

所得 = 粗収入 - 生産費 - 機械導入費 - ランニングコスト

したところ, 果実肥大および果皮色の進行が促進された時と影響を与えなかった時があり(山本ら, 1996; 山本ら, 1997), 単に施用CO₂濃度だけでなく, 施用時間や総施用量が果実品質等に関係しているものと推察される.

一般に, 確実にCO₂施用効果を得るには濃度制御下での終日施用が求められるが, 光強度の高い時刻に施用できれば, 低濃度施用でも十分な効果を得られるかもしれない. 今回, 2002年の灯油燃焼式のCO₂施用では, 日中の光条件の良い時にはハウス内の気温が上昇し換気がなされるため, 300~400 ppm位までしかハウス内のCO₂濃度は上がらなかった. しかし, 効果が認められたのは, 早朝および夕方ハウスのCO₂濃度が晴天時は約1,600 ppm, 曇天時は2,000~2,500 ppmまで上がっていたことが影響したと推察される. この度使用した機種は成り行きCO₂濃度でしか施用できない方式のものであったが, 目標濃度を維持できる機種であればより安定した効果が期待できると思われる. 今後, 更に機種や施用方法についても更に検討が必要である.

以上の結果, 早期加温栽培の花芽分化・発育期に当たると思われる3月下旬~5月上旬の同化養分不足が翌年の着花数の不足に影響していると思察された。よって, 開花期から加温停止時(着色開始前)までの期間内にタイマーや電磁弁を利用した液化CO₂施用方式で早朝5時間, CO₂ 1,500 ppmを目標濃度として施用するか, 灯油燃焼方式で終日施用することにより, 翌年の着花数を増加させるとともに当年の1果重を増加させることができ, さらに従来の施用法と比較してコストの低減や所得の向上を図ることができることが明らかとなった。

摘 要

カキ‘刀根早生’の早期加温栽培における翌年の着花数の減少を改善するための液化CO₂および石油燃焼機によるCO₂施用技術について検討した。露地栽培, 早期加温栽培とも, 花芽の形態分化は満開5, 6週から8週にかけて急速に進行し, それ以降はほとんど発達しなかった。

開花期から加温停止時(着色開始直前)まで早朝5時間CO₂ 1,500 ppmを目標濃度としてタイマーや電磁弁を利用した液化CO₂施用方式でCO₂施用を行うか, 灯油燃焼方式で終日施用することにより, 翌年の着花数を増加させるとともに当年の1果重を増加させることができた。また, これらの方法は施用に要するコストを従来のCO₂施用法の2分の1から3分の1程度に低下させるとともに, 所得を約10~30%向上させた。

引用文献

江口庸雄. 1950. 花芽分化の研究(1). 農及園. 25: 73-76
 福井博一・海川美紀・松原陽一. 1998. カキ‘富有’の花芽分化と発育. 園学雑. 67(別2): 184.

原田 久. 1984. カキにおける新梢生長, 腋芽発育と花芽分化の関係. 園学雑. 53: 271-277.
 長谷川耕二郎. 1983. カキの花芽形成に関する研究—とくに隔年結果性との関連において—. 高知大学農学部紀要. 41: 1-96.
 今川順一・浦崎孝行. 2002. カキ‘刀根早生’の早期加温栽培における着花と果重の増加技術. 奈良農技研報. 33: 1-11.
 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.
 松本善守・黒田喜佐雄. 1982. カキの着果調整に関する研究(第1報)富有の着果調整基準の設定. 奈良農試研報. 13: 9-20.
 持田圭介・山本孝司. 1999. カキ‘西条’の開花期から成熟期直前のCO₂施用効果. 園学雑. 68(別2): 212.
 森永邦久・持田圭介・薬師寺 博・児下佳子. 1999. カキにおける高濃度炭酸ガス条件が光合成産物及び窒素の転流・分配に及ぼす影響. 園学雑. 68(別2): 184.
 日本園芸農業協同組合連合会. 2004. 平成16年産施設果樹生産概況: 25-27.
 西田光夫・池田 勇. 1961. カキの花芽分化に関する研究. 東近農試報園芸. 6: 15-32
 山本貴司・藤本欣司・伏原淳良・中屋英治・小川正毅. 1996. CO₂施用と果実品質. 和歌山果樹園試編. 平成8年度果樹試験研究成績. 189-190.
 山本貴司・藤本欣司・伏原淳良. 1997. CO₂施用と果実品質. 和歌山果樹園試編. 平成9年度果樹試験研究成績. 150-151.