

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

今川順一・浦崎孝行

Increasing Technique on the Number of Flowers and Fruit Weight in Forcing Culture of ‘Tonewase’ Persimmon.

Junichi IMAGAWA and Takayuki URASAKI

Summary

The number of flowers and fruit weight decrease next year in forcing culture of ‘Tonewase’ persimmon when it was heated from latter part of last December. In that method of cultivation, differentiation of flower bud was occurred from early to the latter part in April. It suggest that less in assimilation for that period, the number of flowers was decreased, and that it is possible to increase the number of flowers by next techniques.

1. Fruit thinning in which the number of leaves per fruit was 8~11, was increased the number of flowers in next year, fruit weight and soluble solids in this year.
2. CO₂ enrichment with concentration of 1500 ppm from 2 weeks before full bloom to stop of heating, was increased the number of flowers in next year and fruit weight in this year. However, it did not influenced on soluble solids.

Key words : persimmon, greenhouse, CO₂ enrichment, fruit thinning, yield, differentiation of flower bud

緒 言

果樹のハウス栽培は、高付加価値による収益性の向上や労力分散をねらいとして導入されて久しいが、カキについても全国で約37haのハウス栽培が行われている。奈良県でも、約20年前に導入され、現在約16haの栽培面積があり、奈良県のブランド品として高単価で販売されている。当初、‘西村早生’、‘伊豆’など数品種あったが、現在は食味がよく収量性のある本県原産の‘刀根早生’がほぼ100%を占めている。

ハウスの作型としては、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。‘刀根早生’を普通加温栽培すると、露地栽培に比べて収量が上がるとともに糖度も向上する。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ある。現地では、遅れ花を活用して生産を補っているが、遅れ花由来の果実品質等については明確でない。また、本花が減少する原因を探るとともに毎年安定して着花を確保する対策を確立することは、ハウス栽培農家の経営安定のために大変重要である。

一般的に果樹栽培において、隔年結果という現象があり、光、温度および炭水化物等と花芽分化との関係についての報告も多い^{3,4,18,22)}。また、ハウス内におけるCO₂施用が当年の果実品質向上に有効であるとの報告も多いが^{5,13,15,16,28)}、CO₂施用が花芽分化や翌年の着花に及ぼす影響については調査した事例がない。

そこで、作型別の花芽の分化状況を把握するとともに、遅れ花由来果実の果実品質を調査した。また、着果量やCO₂施用が翌年の着花や当年の花芽分化、果実品質に及ぼす影響についても調査し

たので併せて報告する。

材料および方法

カキ‘刀根早生’のハウス栽培において、花の違い、着果量およびCO₂施用が果実品質、花芽分化に及ぼす影響を明らかにするために、1998年～2000年に、奈良県農業技術センター果樹振興センター内および現地調査を実施した。調査法は各実験のとおりであるが、収穫はカラーチャート(農水省作成平核無用)を用い、果実の赤道部が4～4.5となった時点で順次行い、収穫後果実温度25℃、CO₂濃度95%、処理時間16時間で脱渋処理(C T S D脱渋法)を行なった。なお、糖度・硬度は脱渋処理終了7日後の軟化していない果実を屈折糖度計、KM型硬度計を使用して測定した。

実験1 作型別の花芽分化時期

果樹振興センター内で早期加温栽培、普通加温栽培および露地栽培されている‘刀根早生’のそれぞれ9年生樹、12年生樹および9年生樹の花芽の発育状況を観察した。2001年のそれぞれ満開5、7、9および11週後(5週後は露地栽培のみ)に、陽光面の長さ15～20cmの着果していない1年枝10本の先端より1～3芽、合計30芽の花芽の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。花芽の発達段階は、西田らの区分¹⁹⁾によった。なお、早期加温栽培は2000年12月27日に、普通加温栽培は2001年2月1日に加温を開始した。

実験2 本花と遅れ花の果実品質の比較

果樹振興センター内で早期加温栽培されている8年生‘刀根早生’4樹を供試して、本花と遅れ花由来の果実品質等を比較した。1999年12月27日に加温を開始したハウスで、着蕾時に本花と遅れ花を確認するとともに、それぞれの開花日を調査した。生理的落果終了後、葉果比を10～12に着果調整し、5月9日から14日毎に果実の長径を測定した。収穫後に、果重、長径、短径、果高、着色、糖度、硬度を調査した。なお、脱渋処理終了3、7日後に軟果程度を触感で判定し、岩田らの判定基準に従い軟化果実が全体に占める割合を軟化率

とした⁶⁾。

実験3 着果量が果実品質および翌年の着花に及ぼす影響

着果量が果実品質に及ぼす影響をみるために、奈良県吉野郡下市町のハウスで調査を行った。加温は1997年12月24日に開始され、満開は1998年2月28日であった。4月10日に葉果比5、8および11に着果調整し、各処理区3樹を供試した。収穫後に、果重、着色および糖度を測定した。

着果量が翌年の着花に及ぼす影響をみるために、同じハウスにおいて、1998～2000年にかけて各処理区3樹を供試し、着花状況を調査した。3ヶ年とも加温開始は12月24日であった。1998年は、2月24日に陽光面の前年着果した約15cmの結果母枝の先端から1～3芽の新梢に着いている花の合計数を1樹当たり10本数え、遅れ花は0.5とした。その後、4月10日に葉果比5、8、11および14～20に着果調整した。1999年は、前年調査した樹を2月17日に着花状況を前年同様の方法で調査し、3月上旬の満開期を経て、4月上旬に葉果比5～15となるように着果調整した。2000年は、継続調査している樹を2月21日に着花状況を前年同様の方法で調査した。

なお、花芽と翌年の着花との関係をみるために、1998年12月3日に陽光面の前年着果した約15cmの結果母枝5本の先端より1～3芽の花芽の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。そして、1999年2月17日に花芽を調査した15樹の着花数を、前述の方法で調査した。

実験4 CO₂施用法の検討

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’を供試して、2.5aのハウス内を2等分に仕切って気密性を保ち、一方をCO₂施用区、他方を無処理区とし、1998年～2000年に液化CO₂を用いてCO₂を施用した。樹齢は、1998年時点で6年生であった。

CO₂施用は第1表のとおり行なった。1998年は、2月16日より3月8日まで日中5時間施用し、3月9日以降、日の出前30分より4～5時間および日没前2.5～3時間施用した。1999年は、日の出前30分より3.5時間および日没前2時間前後施用

第1表 CO₂施用の概要(実験4)Table 1. Outline of CO₂ enrichment

栽培年次	加温期間	満開期	施用期間	目標濃度 (ppm)	施用量 (kg/10a)
1998	1/6~6/4	3/9	2/16~6/4	1500 (2/16~3/8は1000)	1920
1999	98・12/21~5/28	3/4	3/4~5/28	1000	960
2000	99・12/27~5/22	2/29	2/15~5/22	1500	2400

した。2000年は、日の出前30分より4~5時間および日没前1.5~2時間施用した。

着果調整として、生理的落果終了後に葉果比が1998年は8に、1999年は12に、2000年は10になるように調整した。また、1998年と1999年は一枝一りに摘らいた後の着らい数を調査し、生理的落果終了後着果数を再び調査し、生理的落果率を求めた。

CO₂施用が果実品質に及ぼす影響をみるために、3ヶ年とも各処理区3樹を供試し、収穫した果実の全果実の果重を測定するとともに、一部糖度を測定した。

また、CO₂施用が花芽分化に及ぼす影響をみるために、3ヶ年とも各処理区3樹を供試し、落葉後に陽光面の約15cmの結果母枝を1樹当たり着果枝および不着果枝それぞれ5本ずつ採取し、先端より1~3芽合計15芽の花芽の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。

なお、光合成速度を1998年5月25日に、島津製作所製携帯用光合成速度測定装置SPB-H2を用いて測定した。

結 果

第2表 各作型での花芽分化の状況(実験1, 2001年)

Table 2. The number of flower buds in various methods of cultivation

満開	露地					普通加温					早期加温				
	I	II	III	IV	計	I	II	III	IV	計	I	II	III	IV	計
5週後	1.2	1.0	0	0	2.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7週後	0.2	2.6	1.5	1.2	5.5	0.1	1.6	1.5	4.6	7.8	0.2	1.4	0.2	0.1	1.9
9週後	0	2.4	3.8	3.6	9.8	0.1	3.3	1.8	4.2	9.4	0.4	2.4	0.6	0.9	4.3
11週後	0.2	2.6	3.8	2.4	9.0	0.3	2.6	1.7	4.6	9.2	0.1	3.2	1.3	0.1	4.7

表中の数字は1年枝10本の先端より1~3芽の花芽の合計数の平均。

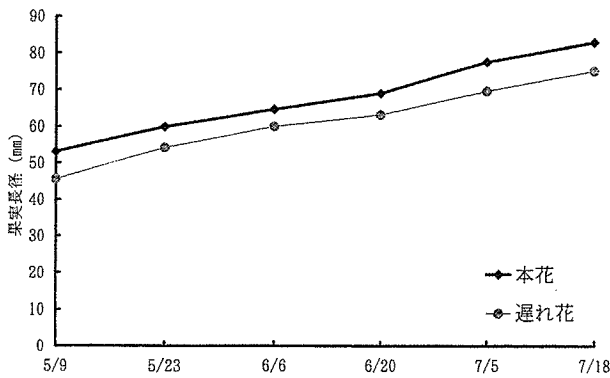
花芽の発達段階はIは分化直前、IIは分化初期、IIIは分化期、IVは雌花がく片形成初期。

実験1 作型別の花芽分化時期

露地栽培では、満開5週後には既に花芽分化は開始しており、満開9週後には花芽分化のステージは進まず数も増えないので、ほぼ花芽の発育は停止したものと思われた(第2表)。普通加温栽培、早期加温栽培でも同様に満開9週後にはほぼ花芽の発育は停止したものと思われた。早期加温栽培においては、総花芽数も少なく発達段階も遅れていることがわかった。

実験2 本花と遅れ花の果実品質の比較

開花期をみると、本花の満開期は3月3日、遅れ花の満開期は3月14日であったが、遅れ花は花の個体差が大きく、開花始めから開花終りの期間が長かった。果実の長径は当初より本花由来の果実が大きく、収穫時まで同様の傾向であった(第1図)。累積収穫率をみると本花由来の果実が7月中に約70%収穫できるのに対し、遅れ花由来の果実は約20%と少なく、遅れ花由来の果実は約2~3週間収穫時期が遅れた(第2図)。果実品質を比べると、遅れ花由来の果実は果重が小さく、長径もやや短いことがわかった(第3表)。果頂部から果実をみると本花由来の果実に比べて丸みを帯びた正方形にみえた。糖度、硬度については



第1図 本花と遅れ花の果実長径の推移 (実験2, 2000年)

Fig.1. Changes of fruit diameter in normal flowers and late flowers

明確な差はなかったが、遅れ花由来の果実は果実軟化率がやや高い傾向があった。

実験3 着果量が果実品質および翌年の着花に及ぼす影響

収穫果実の品質をみると、葉果比5の区で明らかに果重が小さかった(第4表)。また、葉果比11の区で糖度が高くなった。ハウス柿としては糖度

第3表 本花と遅れ花由来果実の果実品質 (実験2, 2000年)

Table 3. Fruit qualities of normal flowers and late flowers

	果重 (g)	長径 (mm)	短径 (mm)	果高 (mm)	着色 (c.c.)	糖度 (Brix)	硬度 (kg)	果実軟化率(%)	
								3日後	7日後
本花	240.1	85.2	79.9	54.6	4.4	16.1	1.5	18.2	53.2
遅れ花	222.1	81.7	79.6	53.7	4.3	16.5	1.4	15.2	70.9
	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-	-

**はt検定で1%水準で有意性あり。

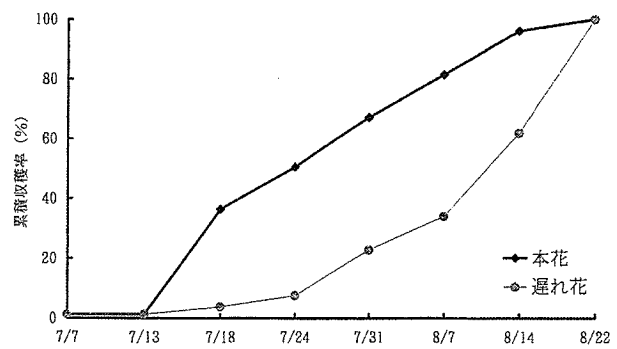
第4表 葉果比の違いが果実品質に及ぼす影響

(実験3, 1998年)

Table 4. Effect of number of leaves per fruit on fruit qualities

葉果比	果重 (g)	着色 (c.c.)	糖度 (Brix)
5	170.1 a	4.0 a	15.0 a
8	213.9 b	3.6 b	15.6 a
11	213.4 b	4.2 a	16.6 b

異なるアルファベットはTukeyの多重比較で危険率5%水準で差があることを示す。



第2図 本花と遅れ花の累積収穫率 (実験2, 2000年)
Fig.2. Accumulated rates of harvesting in normal flowers and late flowers

15度以上あれば品質良好とされているので、収量性もある葉果比8に着果調整するのが適当であると思われた。

3ヶ年の着花調査の結果、I区のように着花が多い時着果過多である葉果比5にすると、翌年着花が減少するとともに翌々年着花が増加した(第5表)。しかし、II区のように着花が多い時でも葉果比を8にすると、翌年以降安定して着花が確保できた。着花が中庸の時、III区のように葉果比

8にすると、翌年以降安定して着花が確保でき、IV区のように着果負担の軽い葉果比11にすると翌年着花は増加したが、その年葉果比を5にするとその翌年着花が減少した。V区のように、着花数の少ない時は翌年着花が増加するが、その年葉果比を5にするとその翌年着花が減少した。このように樹毎にみると、隔年結果がおこっていることがよくわかった。

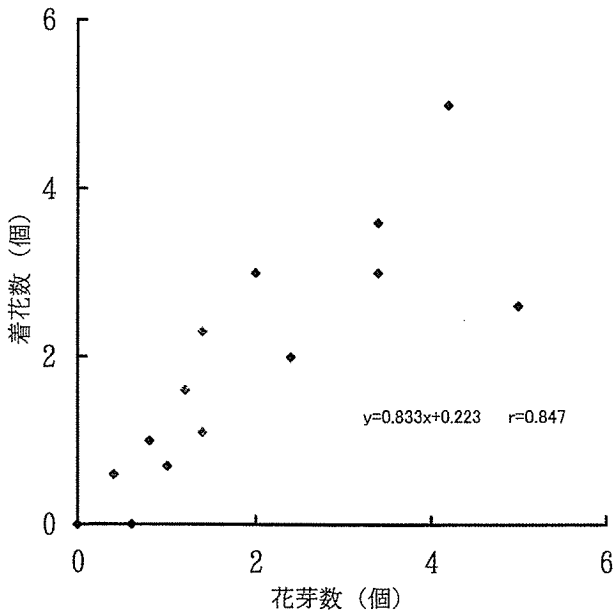
なお、花芽と翌年の着花との関係を見てみると、雌花がく片形成初期の花芽数と翌年の本花数とに相関がみられ($y = 0.833x + 0.223$ $r = 0.847$)、

第5表 着果調整の程度が着花に及ぼす影響 (実験3)

Table 5. Effect of the difference in the number of bearing on the number of flowers

区	1998年		1999年		2000年
	着花数	葉果比	着花数	葉果比	着花数
着果多 I	5.6 a	5	0.5 b	15	6.0 a
基準 I	3.4 a	8	1.8 a	8	2.9 a
〃 II	2.0 a	8	2.0 a	8	2.6 a
着果少 I	1.5 a	11	4.2 b	5	0.4 a
〃 II	0.4 a	14~20	3.9 b	5	0.6 a

15cmの前年着果枝の先端より1~3芽の花の合計数の平均を着花数とした。なお、遅れ花を0.5として数えた。異なるアルファベットは、年次間の比較で、Tukeyの多重検定で危険率1%水準で有意差があることを示す。



第3図 花芽数と着花数の関係 (実験3)

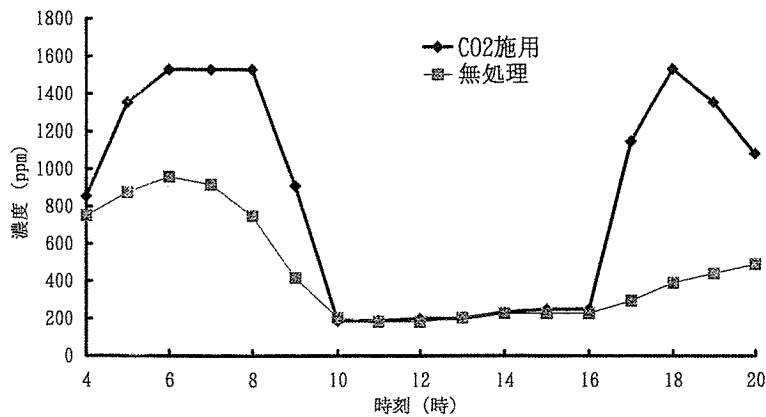
Fig.3. Relation between number of flower buds and flowers

雌花がく片形成初期の花芽数を調査することで翌年の本花数がほぼ予想できることがわかった (第3図)。

実験4 CO₂施用法の検討

CO₂施用することにより、ハウス内のCO₂濃度は高くなった (第4図)。ただし、日中は換気のためサイド、谷のフィルムを開放するので施用を中止し、無処理区と同様に200ppm前後と低くなった。光合成速度については、夕方の日照条件が悪く、CO₂施用することにより向上がみられた (第6表)。

果重については、1998年と2000年はCO₂施用することにより明らかに果重が増加したが、1999年は明らかな差は認められなかった (第7表)。特に2000年はCO₂施用することにより果実肥大が良好で、無処理区に比べて果重が33%増加し、2L上率は約90%となった (第5図)。糖度は、3ヶ



第4図 CO₂濃度の推移 (実験4, 1998年)

Fig.4. Changes of CO₂ concentration in a greenhouse

第6表 CO₂施用が光合成速度に及ぼす影響

(実験4, 1998年)

考 察

Table 6. Effect of CO₂ on photosynthetic rate

	CO ₂ 濃度 (ppm)	光合成有効放射強度 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$)	光合成速度 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$)
CO ₂ 施用	827	134	3.43
無処理	389	76	-0.16

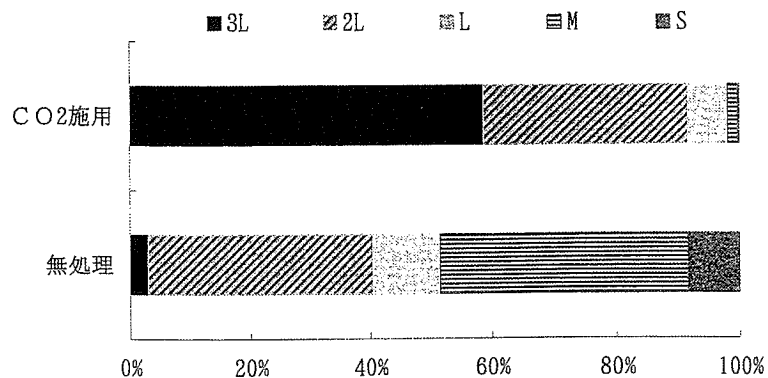
5月25日(曇天)の16:30~17:30に測定(気温22.5℃)。

年とも処理による明確な差はなかった。果実の生理的落果率は、2ヶ年とも処理による明確な差はなかった。花芽については、1998、2000年はCO₂施用することにより明らかに花芽が増加したが、1999年は明らかな差は認められなかった(第8表)。

第7表 CO₂施用が果実品質に及ぼす影響(実験4)Table 7. Effect of CO₂ on fruit qualities

		果 重 (g)	糖 度 (Brix)	換算収量 (t/10a)	生 落 率 (%)
1998年	1500ppm施用	220.1	15.8	4.6	1.5
	無処理	207.6	16.1	3.2	4.4
		**	n.s.	-	-
1999年	1000ppm施用	182.2	17.2	2.6	40.0
	無処理	183.7	16.9	2.8	33.3
		n.s.	n.s.	-	-
2000年	1500ppm施用	269.1	16.9	4.7	-
	無処理	202.9	17.1	2.7	-
		**	n.s.	-	-

**はt検定で1%水準で有意性あり。

第5図 CO₂施用が階級比率に及ぼす影響(実験4, 2000年)Fig.5. Effect of CO₂ on fruit size proportion in weight

第8表 CO₂施用が花芽分化に及ぼす影響(実験4)Table 8. Effect of CO₂ on differentiation of flower buds

	1998年(1500ppm)		1999年(1000ppm)		2000年(1500ppm)	
	着果枝	不着果枝	着果枝	不着果枝	着果枝	不着果枝
CO ₂ 施用	4.3	9.3	1.2	2.6	2.5	3.6
無処理	1.7	4.6	2.9	2.0	0.8	1.0
	**	**	*	n.s.	**	**

表中の数字は、15cmの結果母枝5本の先端より1~3芽の雌花がく片形成初期以後の花芽の合計数の平均である。

**、*はt検定でそれぞれ1%、5%水準で有意性あり。

露地栽培では満開5週後より花芽分化は開始しており、ちょうど6月下旬になる。このことは、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原田²⁾の報告とほぼ一致する。また、花芽の発育は満開9週後にほぼ停止していると思われ、7月下旬にあたる。これらのことより、6月下旬~7月下旬に‘刀根早生’の花芽は分化、発育しており、‘富有’より発育期間が短いと思われた。

2) 着果数管理による隔年結果の防止

一般に隔年結果とは、着果量が多いと葉の同化養分の多くが果実へ転流し新梢への分配が少なくなり、花芽の分化、発育が抑制され次の年の開花数が減少する現象のことをいう。この花芽の分化、発育時期の重要性については、カキ‘富有’において翌年も同程度の着花を得るためには、満開30日後ごろまでに1結果枝当たり1らい(果)にする必要があるという松本らの報告¹¹⁾やカキにおいて7月下旬までの間に摘果を早く行うほど花芽の数が増加し、7月上中旬の遮光により花芽形成が著しく抑制されるという報告³⁾やカキ‘西条’において6月下旬~7月上旬に環状はく皮を実施すると翌年の着花が増加するという報告¹²⁾からもうかがえる。また、カキ‘前川次郎’で、翌年の正常花の着生には、花芽分化開始期である6月中旬の葉中炭水化物と花器の発育開始頃である2月の1年生枝中の窒素栄養が重要であるとの報告²⁴⁾もあり、花芽の分化、発育時期の同化養分は大変重要と思われる。

今回、ハウス栽培においても、露地栽培と同様

に満開9週後には花芽の発育はほぼ停止しており、早期加温栽培において花芽数の減少や発育の遅れがみられるのは、花芽の分化・発育する満開5~9週後にあたる4月上旬~下旬の同化養分不足が影響しているものと思われる。

一般に‘刀根早生’は豊産性で隔年結果性が低く、毎年安定して生産できる品種である。その‘刀根早生’を普通加温栽培にすると、露地栽培の約2割増の収量が上がるにもかかわらず、翌年の着花は確保でき安定して生産することができる。しかし、早期加温栽培では翌年の着花が減少する。

そこで、早期加温栽培における着果制限の程度と翌年の着花数の関係をみるために、現地の同一樹を3ヶ年継続調査した。その結果、園全体ではなく樹一本毎にみると露地栽培や普通加温栽培ではみられない隔年結果という現象が起きていることがはっきりとわかった。したがって、隔年結果をおこさず毎年安定した花数を確保するためには、着花数にかかわらず葉果比8を目標に着果調整すべきである。また、果実品質、収量性の面でも葉果比8が望ましい。ただし、樹勢が弱い場合には、葉果比をやや高め9~11にした方が良いと思われる。

翌年の着花数を予想するため、冬季の花芽数を調査し翌年の着花数の傾向を出すという手法は、約20年前より本県の農業改良普及員が農家指導する際に取り入れており、今回、より確かな根拠が得られた。このことより、冬季に翌年の着花数が予想でき、剪定時に剪定程度を決定する明確な指標になりうると思われた。

3) 花芽分化への諸要因の影響

ブドウ‘ネオ・マスカット’でも12月加温の翌

年度には通常の収量を確保するだけの結実が不可能で、その原因として花芽の分化率が低いことと、分化はしてもその後の発育が不良であるとされている²³⁾。このことは、環境条件や樹体栄養の問題よりも、内生のホルモン条件が大きく支配しているのではないかとしている。伊藤²⁴⁾の花芽形成に関わる種々の植物ホルモンについての概説によると、サイトカイニン、抗オーキシン、エチレンおよびジベレリン活性を持つ物質は花芽形成数を増加させ、ジベレリン活性物質は花芽形成を阻害するとして報告が多いとしている。ウンシュウミカンを用いた尾形ら²²⁾の実験でも、パクロブトラゾール、ウニコナゾールPおよびプロヘキサジオン-Caが翌年の着花増加に有効という結果も出ており、カキについても植物ホルモンの影響について検討する必要がある。

温度と花芽分化は関連があり、新居¹⁸⁾によると、カンキツ類の花芽分化は高温で抑制されるが、リンゴ、ブドウは温度が高くなるにつれて花芽の分化とその後の発達は促進されるとしている。また、水分ストレスの影響も果樹の種類によって異なった反応を示し、リンゴ、モモなどでは花芽の分化を低下させ、カンキツ類、ナシでは増加するとしている。ウンシュウミカンでは、翌年の1樹当たりの開花数は土壤水分の少ない区ほど多くなり、Nの施用によりいっそう開花数が増加したという報告もある²⁵⁾。カキについては、温度、土壤水分および施肥が花芽分化に及ぼす影響について調査した事例がなく、今後の課題である。

2. 本花と遅れ花の果実品質

早期加温栽培の作型で栽培した翌年は、本花が減少するため、現地では遅れ花を利用して生産を補っている。本花並に肥大するという事例も聞かれ、本花と遅れ花の果実品質を比較検討する必要があると考え、実験を実施した。その結果、遅れ花は満開期が約10日遅れ、収穫時期も約2～3週間遅れた。また、果重も18g小さく、早期加温栽培の特徴を生かせず、経営的にマイナスになっていると思われた。

この遅れ花は、前年の夏の花芽分化が不十分で苞葉だけを生じてがく片形成に至らなかった芽で、春の発芽期以降その苞葉の腋部に新たな花芽

分化をして生じたものとされている。遅れ花が新梢の腋部に着生することで、当年の花芽分化する場所がなくなり、長谷川³⁾の述べているように、遅れ花が多く発生することが隔年結果を一層助長することにつながっている。このような遅れ花を利用せず本花のみで生産できるようになることが、早期加温栽培の安定化につながると思われる。

3. CO₂の施用

1) 施用の効果

CO₂は植物の光合成に必要な不可欠であり、作物にCO₂施用を行なった試験は多数ある。野菜に対して終日CO₂濃度750ppmで施用すると、収量がレタス、ダイコンおよびホウレンソウなどの葉菜類では1.5～2倍になり、イチゴでは無施用区に比べて140～220%に増加、キュウリでは129%に増加、ナスでは113～150%に増加、トマトでは166～188%に増加したとしている⁷⁻¹⁰⁾。また、早期加温処理下で長期栽培トマトに対してCO₂濃度1500ppm、早朝1時間施用の施用条件により果重、果数の増加が認められた例¹⁷⁾や促成ミニトマト栽培において、CO₂濃度750ppm、換気温度28℃、日中8時間の施用条件で一果重はあまりかわらないものの収穫個数の増加により収量が44～77%増加した例もある³¹⁾。

花卉の分野でもバラ栽培において、CO₂濃度450～800ppm、換気温度32℃の施用条件で切花本数が63%増加し、切花長も長くなったとしている²⁶⁾。

日本でのCO₂施用の導入例としては、メロン、トマト、キュウリおよびイチゴでの利用が多く、バラやキクなどの花卉類でも増えている。本県でも、イチゴ、バラ栽培で導入され、その効果が確認されている。

果樹の分野ではブドウでの試験例が多い。黒岡ら¹³⁾によると、ブドウ‘巨峰’において、果粒の初期肥大期から収穫期までのCO₂施用は果粒重、果房重がともに36%増加し甘味比も高くなり、果粒発育後期から収穫期までCO₂濃度1000～1100ppmで8時間施用すると果粒肥大に及ぼす影響は認められなかったが、糖度及びアントシアニン含量は著しく増加し新根の乾物重は約2倍になったとしている。また、ブドウ‘デラウェア’にCO₂施用すると、CO₂濃度が高くなるにつれて

光合成速度は高くなり同時に光飽和点もやや高くなり、CO₂濃度1800ppmで施用すると1粒重が1.2倍になるという報告^{27,28)}もある。その原因として、新根の発生量も多くなることから無機成分の吸収が旺盛となり樹体内栄養が良好な状態であったため果実収量が向上したとしている。また、ナシ‘幸水’において、果実後期肥大期におけるCO₂施用は葉の光合成速度を高め、果実肥大を促進したとの報告もある⁵⁾。このように、永年生植物である果樹でもCO₂施用の有効性は明らかである。

果樹振興センターでのカキ‘刀根早生’における3ヶ年の実験からも、CO₂施用することにより、果重が増加することがわかった。同様に、カキ‘西条’において、CO₂濃度1300~1500ppmで8月20日から2ヶ月間日中施用することにより、果重および糖度の増加が認められた例があり¹⁶⁾、CO₂施用区では光合成産物の果実への転流および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ものとしている。

しかし、今回の実験では糖度への影響はみられず、施用時期が開花前から着色開始期直前であり、糖の蓄積期までに施用を中止したためと思われる。このことは、カキ‘西条’において、CO₂濃度1500ppmで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、果重の増加や着色の促進はみられたものの糖度は明らかな差は認められなかったという報告¹⁵⁾に一致する。また、器官別純生産量はCO₂施用区がすべての器官で多く、特に地下部で顕著であったとしており、そのことが果重の増加に関係していると思われる。

果重に及ぼす影響を考えると、1998、2000年は果重が増加したのに、1999年は果重は変わらなかった。その原因として、目標CO₂濃度や総施用量の違いが考えられる。カキ‘新秋’において、CO₂濃度1500ppmで施用したところ果実肥大および果皮色の進行が促進された場合と影響を与えなかった場合があり^{29,30)}、単に施用CO₂濃度だけでなく、施用時間および総施用量が関係すると思われる。2000年は1998年以上に果重増加効果が認められた。このことは、換気温度が2000年は30℃、1998年は28℃であったことが影響していると思われる。光合成適温は光強度およびCO₂濃度によ

て変化するとされており²⁷⁾、光強度が高い場合には光合成の適温域は高温側に移動するとの報告²⁰⁾もあり、カキにおいてCO₂施用する際にも通常の温度管理よりもやや高めに設定した方が、光合成速度を高め同化養分を増すと思われる。

CO₂施用効果を確実に得るには、濃度制御をした終日施用が大切であるとされており⁷⁾、光強度の高い時刻での終日施用をすることができれば、750ppm位でも施用効果は認められたかもしれない。しかし、やや高めの温度管理と思われる30℃で換気するにしても、施用したCO₂のロスが予想され、どの位のロスになるか今後調査してみる必要がある、ロスの程度によっては、光強度の高い時刻での終日施用も検討すべきだと思われる。

施設内のCO₂濃度勾配については織田らの調査した事例がある²¹⁾。促成栽培したイチゴ‘宝交早生’の群落内と施設外のCO₂濃度を測定し、群落中央下部でもっとも低いCO₂濃度層が現れるとしており、カキの施設はかなり大型で傾斜地にあり、イチゴ以上のCO₂濃度勾配がある可能性もあり、今後測定する必要がある。

2) CO₂施用の実用性

CO₂施用法の現地への普及性を検討するために経営試算をした。CO₂施用法として、液化CO₂の自動施用方式、LPガス燃焼方式および灯油燃焼方式があるが、ランニングコストの一番高い液化CO₂の自動施用方式で考えてみると、10a当り35万円程度の設備費が必要となる。ランニングコストは、10a当り年間で液化CO₂で3t施用すると約27万円となる¹¹⁾。一方、CO₂施用することにより、10a当り収量が3tから4.5tに増えるので、1272円/kg（1998~2000年の7月の平均単価）×1500kg=1908000円が増える粗収益となる。収量が増えることにより労働費はやや増えるが、他の生産費はほとんど変わらず、ほぼ粗収益分の収入が増えると思われる。CO₂施用法の導入効果は十二分にあると思われる。現地に導入する際には、ハウスの構造や立地条件を考慮して、よりランニングコストの低いLPガス燃焼方式や灯油燃焼方式も視野に入れて検討すべきである。

摘 要

カキ‘刀根早生’を12月末から加温栽培すると、花芽や翌年の着花が減少する。この作型での花芽の分化時期は4月上旬～下旬であり、その期間の同化養分不足により花数が減少したと思われる、次の方法により花数を増加できることが分かった。

1. 葉果比を樹勢に応じて8～11に着果調整することで、翌年の着花が増加するとともに、当年の果重が増加し、糖度も向上した。
2. CO₂施用を開花2週間前から加温停止時まで濃度1500ppmを目標として実施すると、翌年の着花が増加するとともに、当年の果重も増加した。しかし、糖度は上昇しなかった。

謝 辞

現地で3ヶ年着花調査をするにあたり、調査樹を提供いただいた吉野郡下市町の谷車和昭氏に厚く御礼申し上げます。また、CO₂施用の実験を行うにあたり、液化CO₂の施用システムを提供された(株)イワタニアグリグリーンに感謝の意を表します。

引用文献

1. 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.
2. 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(3) : 271-277.
3. 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.
4. 伊藤明子. 2001. 落葉果樹の花芽形成と植物ホルモン. 果樹試報. 35 : 1-9.
5. 伊藤純樹・長谷川繁樹. 1995. ナシの果実後期肥大期における炭酸ガス (CO₂) 施用が果実肥大に及ぼす影響. 近畿中国農業試験研究推進会議事務局編. 平成6年度近畿中国農業研究成果情報. 近畿中国農業試験研究推進会議. 255-256.
6. 岩田 隆・中川勝也・緒方邦安. 1969. 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係 (第1報). 園学雑. 38(2) : 194-201.
7. 川島信彦・黒住 徹・大原正行. 1989. 施設内におけるCO₂施用に関する研究 (第1報) 結球レタスとダイコンの生育に対する効果. 奈良農試研報. 20 : 31-39.
8. ———・黒住 徹. 1990. ——— (第2報) 葉菜類の生育に対する効果. 奈良農試研報. 21 : 15-23.
9. ———. 1991. ——— (第3報) イチゴの生育に対する効果. 奈良農試研報. 22 : 65-72.
10. ———・山本英雄・黒住 徹・谷川賢剛・田中良宏. 1993. ——— (第4報) 果菜類の生育に対する効果. 奈良農試研報. 24 : 25-30.
11. ———. 1998. 炭酸ガス環境制御. (社)日本施設園芸協会編. 四訂施設園芸ハンドブック. 園芸情報センター. 186-194.
12. 河野良洋・高田 光. 1986. 環状はく皮が西条の生育と着果に及ぼす影響. 園学要旨. 昭61秋 : 152-153.
13. 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(3) : 463-470.
14. 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.
15. 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.
16. 森永邦久・持田圭介・薬師寺 博・兎下佳子. 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.
17. 森岡和之・久富時男. 1973. 良品、多収のための環境管理基準の設定に関する研究 (第1報) 長期栽培トマトに対するCO₂施用の影響について. 奈良農試研報. 5 : 12-17.
18. 新居直祐. 1990. 果樹・果実の形態機構と発

- 育〔7〕良品質果生産の基礎. 農業および園芸. 65(1):71-76.
19. 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.
 20. 織田弥三郎・田辺久輝. 1990. 異なったCO₂濃度条件下におけるイチゴ品種‘女峰’の光合成特性. 園学雑. 59別1:442-443.
 21. ———・川田訓平. 1990. 栽培施設のイチゴ群落内部におけるCO₂濃度勾配. 近畿中国農研. 80:33-37.
 22. 尾形凡生・植田栄仁・塩崎修志・堀内昭作・河瀬憲次. 1995. ウンシュウミカンの着花に及ぼすジベレリン生合成阻害物質の効果. 園学雑. 64(2):251-259.
 23. 岡本五郎. 1992. 果実の発育とその調節〔1〕. 農業および園芸. 67(1):61-66.
 24. 大城 晃・安間貞夫. 1998. カキ‘次郎’における着花数と樹体栄養との関係. 園学雑. 67(6):890-896.
 25. 富田栄一. 1971. 温州ミカンの果実の品質および開花に及ぼす夏季の水分と窒素施用の影響. 園学雑. 40(3):225-229.
 26. 渡辺寛之. 1997. バラ栽培へのCO₂施用に関する研究. 奈良農試研報. 28:15-22.
 27. 山本孝司・鴨田福也・朝倉利員・杉浦俊彦. 1990. ブドウ葉光合成に及ぼす光強度、CO₂濃度及び温度の影響. 園学雑. 59別1:80-81.
 28. ———・小豆沢斉・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. 61別2:190-191.
 29. 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. 和歌山県果樹園芸試験場編. 平成8年度果樹試験研究成績. 189-190.
 30. ———・—————・—————. 1997. CO₂施用と果実品質. 和歌山県果樹園芸試験場編. 平成9年度果樹試験研究成績. 150-151.
 31. 吉村昭信・角山正吉・山本英雄. 1997. 促成ミニトマト栽培におけるCO₂施用の効果. 奈良農試研報. 28:7-14.