

施設内におけるCO₂施用に関する研究 (第3報)
イチゴの生育に対する効果

川島 信彦

Studies on the CO₂ Enrichment in a Greenhouse (3)
Effect on the Growth of Strawberry

Nobuhiko KAWASHIMA

Summary

1. The effect of CO₂ enrichment on the growth of the early raising strawberries was tested in a greenhouse with forced ventilation, using of a CO₂ concentration controller throughout the day.
2. Yield at a CO₂ concentration of 750 ppm and a ventilating temperature of 28°C, was 40~120% heavier than those that were not treated. Quantities and mean weight of fruits showed a 20~30% increase.
3. The higher the concentration rose among 375~1000 ppm, the more the yield increased, but a 750 ppm addition was thought to be enough in practice.
4. Temperature suitable for ventilation was 28°C.
5. It was found that the variety 'Nyohou' and 'Toyonoka' was suitable for a CO₂ enrichment, but var. 'Hoko-wase' was not.
6. The rate of increase in yield at the Dec. harvest type was slightly higher compared with the one of the Nov. harvest type.
7. The estimated consumption of liquid CO₂ was 200 ~ 300 kg/a, so it was concluded that the CO₂ enrichment was profitable.

Key words: carbon dioxide, CO₂, enrichment, growth, yield, strawberry, greenhouse.

緒 言

イチゴへのCO₂施用効果については、織田が1975年に発表しており³⁾、当時は全国の農業試験場で、他の野菜も含めて多数の実用化試験が行われた¹⁴⁾。奈良県下でもCO₂施用器具がかなり導入され、著者自身も、場内で灯油・燃焼式のCO₂発生機を用いて早朝施用を実施したが、明瞭な効果が認められないまま使われなくなった。

現時点で、当時のCO₂濃度記録を整理すると、施用時間が早朝のみで短かく、同化作用の盛んな日中は、濃度が低下していた。一方、前報²⁾の葉菜類への施用では、CO₂無施用の条件下で決められた慣行の温度管理は、

CO₂施用条件下では必ずしも適切でない事が分かった。この経験を踏まえて、1986年度より促成イチゴへのCO₂施用法の実用化に取り組んだ。

慣行の栽培とは温度管理を根本的に変え、日中はほとんど換気しない高温管理とし、濃度制御をしながら終日施用したところ、大きな増収効果を得た。以後、CO₂の施用濃度・換気温度・品種等について順次比較し、実用条件を確認した。1988年度から普及に移し得る技術¹⁾として試験的に農家への普及を始め、1989年度より本格的に普及に移し、技術解説書⁴⁾も作成した。これらの成果については、すでに一部を公表しており³⁾、現在も各種の研究を継続して実施しているが、本報では1989年度ま

本報告の内容の大部分は、日本農業気象学会の1987年度近畿支部大会（果菜類へのCO₂施用効果 第1報）および1989年度全国大会（第2報）で発表した。

での主要な成果を取りまとめて報告する。

材料および方法

供試ハウスは第1表のとおりで、換気は自動開閉式吸気口を備えた強制方式で、換気扇の温度調節器には通風装置を使用して、設定値±1℃で断続運転した。保温カーテンは1層の固定張りとし、原則として無加温栽培とした。また、いずれのハウスも定植後からハウス被覆まで雨除けハウス状態で管理した。雨除け時と3月末～4月以降は屋根に石灰液を散布して、30%程度の遮光をした。

CO₂濃度の制御は主として、赤外線分析式の計測器(堀場IA-2A型)を6点計測・4点制御の制御器に改造し、濃度を設定値±100ppmに制御した。ガス源には液化CO₂を利用して、濃度を3分毎に計測し、8時～17時の間で設定値よりも低ければ、電磁弁を開きガスを施用した。CO₂濃度は3月から初期設定値の%とし、換気温度も25℃と下げ、4月からは濃度を250～375ppmにした。なお、1988年度は11月中も濃度を%とした。

栽培管理は、第2表のとおりとし、苗は原則として無仮植苗を用いたが、1989年度の11月どり区のみ仮植苗を用いた。11月どり区で使用した夜冷装置は移動ベンチ式で、17～9時は12℃暗黒処理とした。畝は高さ25cm程度の高畝とし、畝幅は110cmで条間25cmの2条植えで、株間は‘宝交早生’は15cm、‘女峰’は18cm、‘とよのか’と‘アイベリー’は22cmとした。施肥は原則としてIB化成S1号を用い、N成分で8kg/10aを全層に元肥として施用し、マルチ前にN成分で2kg/10aをかん水チューブ下に追肥した。さらに、12月から毎月1回かん水時に、液肥の大塚OK-F1をN成分で0.7kg/10aずつ1000倍液で施用した。ジベレリン処理は‘女峰’を除く各品種で、第1～3果房の出蕾前に実施した。電照は1986～87年度の‘宝交早生’のみ実施した。

収穫中の株管理は1986～87年度は3月上旬に一斉に株整理をする‘宝交早生’の慣行方式としたが、1988年度以降は1～2週間に1回の割合で、少しずつ黄化または艶の無くなった外葉を除去し、展開葉が5～8枚となるようにした。また、原則として第2果房は2芽を残し、第3果房以降はそれぞれ1芽を残すよう管理した。

調査区は、1986年度は各区20株の2反復とし、1987年度以降は、各区30株の1反復とした。なお、調査中に萎黄病や炭そ病により、1～2株が欠株となる事があったが、生育初期の場合は補植し、収穫期以降の場合は欠株のまま放置した。欠株はほぼ各区均一に生じたので、そ

のまま収穫調査を実施し、補正はしなかった。生育は各区15株について調査し、採取調査は株数の減少によるCO₂環境への影響を避けるため最少限度に止め、実験1で1988年度に1回だけ各区4株ずつ実施した。

サイズ別の区分は、L・M・Sそれぞれ15・10・4g以上の果実の重量割合とした。したがって、現在の‘女峰’や‘とよのか’の出荷規格とは多少異なっている。病害果と奇形果については1986年度はLSMの集計には含めなかったが、それらがある時期に集中して発生した場合、サイズ別比率への影響が大きいため、1987年度以降はLSMの分類にも含めて集計した。なお、発酵果は病害果に含め、収量は病害果と奇形果を含めた総重量で求めた。また、収量の換算は畝幅と株間だけから計算したもので、実際のハウスでは枕地などの無効面積を生じるので、0.95倍程度になる。

第1表 供試ハウスの仕様

Table 1. Specification of greenhouses.

仕様	間口 m	奥行 m	棟高 m	面積 ㎡	外張 資材	内張 資材	換気扇 cm×W*
実験1	3.5	8.0	2.3	28	PO	農ビ/PO	40×30
実験2	6.5	19.6	2.8	↑27	PO	農ビ/PO	80×400

* 羽根径×出力、各ハウスとも1台使用
POはポリオレフィン系特殊フィルム

第2表 栽培管理歴

Table 2. History of cultivation.

実験	年度	夜冷始		定植		被覆	施用始
		月/日	11月どり	11月どり	12月どり		
実験1	1986	—	—	9/17	10/21	11/18	
	1987	—	—	9/17* ¹	10/20* ¹	11/18	
	1988	8/18	9/6	9/19	10/24	11/16	
	1989	—	—	9/18	10/24	11/28	
実験2	1988	8/18	9/6	9/19	10/24	11/16	
	1989	8/1	8/29	9/18* ²	10/20	11/19	

*¹ 女峰のみ9/18定植、10/15被覆

*² 女峰のみ9/22定植

実験1 CO₂の施用条件

結 果

CO₂施用濃度と換気温度を組合せ、最適条件を探るとともに、一部で品種・作型や夜温を組合せて影響を調査した。濃度と換気温度の組合せの中から、実用性の高いと思われる2～4種の組合せについてハウスを1棟ずつ使用し、1986～89年度に順次比較した。対照区は1989年度を除いて、その品種の標準的な換気温度とし、施用区は濃度750ppmで28～30℃の高温換気を基本とした。また、濃度と換気温度の影響を調べるために、1987年度と1988年度は低濃度・標準換気区を、1989年度は高濃度・高温換気区を設けた。1989年度の一部は電気暖房機を使用し、暖房の影響も調査した。

品種は当初‘宝交早生’で調査を始めたが、その後、県下では急速に‘女峰’や‘とよのか’の導入が進んだため、順次新しい品種を取り入れて比較した。作型は12月どりを標準としたが、1988年度は11月どりにについても調査した。ただし、両作型を同一ハウス内で栽培したため、定植後の温度管理などは同一であった。

ガス濃度の制御は、濃度が低下すると5ℓ/分の流量で1分間施用した。ガスの使用量は施用回数を電磁カウンターで計数記録したが、換気運動回路は使用しなかったため、換気中も施用した。ただし、1989年度は制御器にコスGH-250E型を使用した。また、1987年度の女峰区と1989年度の1000ppm区は制御点数が不足したので、他の処理区と同時にガスを施用し、ガス流量により濃度を調節した。これらのハウスについては、携帯型の濃度計測器（富士ZFP-5型）で、月に1～2回濃度を確認したが、ほぼ目標濃度になっていた。

実験2 品種適用性

品種の変遷期に当たったため、実験1でも品種を順次切り替えるとともに、別途、CO₂施用への適性を知るため比較調査を実施した。作型は1988年度は12月どりを中心に、1989年度は11月どりを加えて比較した。‘宝交早生’は実験1で増収するものの、小果と奇形果が増えたため、電照無しでジベレリン処理のみとした。

供試ハウスは第1表のとおりで、地中熱交換設備を利用して昼間の気温上昇を抑えるとともに、夜間の保温にも利用した。CO₂の施用条件は、1988年度は濃度500ppmで換気温25℃とし、1989年度は濃度750ppmで換気温28℃とした。放熱温度はいずれも2℃で、蓄熱温度は換気温度より2℃低く設定した。CO₂施用は、ハウス中央の畝のマルチ上に敷いたかん水チューブから、流量10ℓ/分で3分間施用した。

実験1 CO₂の施用条件

月別の収穫量を第3表に示した。収穫重量はCO₂施用の濃度にほぼ比例して増加し、無施用区に対する収量増加率は750ppm施用区で40～70%で、最高では120%に達した。CO₂施用区ではL・Mサイズの割合が増し、全期間平均の果重は2～3g増加し、色艶が良かった。CO₂の施用濃度が高いほど増収効果は高かったが、375ppmなど比較的低濃度でも、かなりの効果が見られた。暖房の影響は暖冬のため小さかったが、‘女峰’よりも‘とよのか’で効果が認められた。なお、1989年度は12月頃に肥料が不足し、一部ではMg欠乏症状が発生し、全般に収量が低かった。作型についてみると、11月どりの方が収量が多かったが、CO₂施用による収量の増加率は12月どりの方が大きかった。

奇形果の発生は、年度により特徴が見られた。1986～87年度には‘宝交早生’を用いたが、750ppm施用区で奇形果が多かった。一方、1988～89年度には‘女峰’と‘とよのか’を用いたが、CO₂無施用区で奇形果が多かった。いずれの年も奇形が目立ち始めた時点で、他のハウスと蜂の群を交換したが、同じ傾向が続くように観察された。

イチゴの生育は第4表のとおりで、草丈、葉長、葉幅は施用濃度に応じて僅かずつ大きくなった。施用開始後2～3週間で、葉が立ち気味の生育になるのが観察された。第1図は1989年2月における各区の抜取り株を示しており、無施用区では根が少なく、褐変しているのに対して、施用区では根が多く白色であった。施用濃度に応じて根が多く、地上部の生育や収量はほぼ根量に比例す



CO ₂	無施用	500ppm	750ppm
換気温	25℃	25℃	28℃

第1図 CO₂施用とイチゴの生育（実験1）
品種：女峰、作型12月どり、調査：1989年2月15日

Fig. 1. Growth of strawberry at various CO₂ conditions (Ex. 1 Feb. 15, 1989)

第3表 CO₂の施用条件と月別収量およびサイズ別割合 (実験1)

Table 3. Monthly yield and fruit size proportion in weight at various CO₂ treatment (Exp. 1)

年度	品種	作型	濃度 ppm	昼 ℃	夜 ℃	収穫重量 (kg/a)								3月まで	サイズ別割合(%)			果数 千個/a	果重 g	
						11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	計		%	L	M			S (病奇)
1986	宝交	12月どり	無施用	23	無加温	-	55	100	93	22	172	117	560	100	270	38	28	34 (0 -)	53	10.6
			750	30	"	-	105	135	145	43	232	138	799	143	428	35	27	38 (1 -)	81	9.9
1987	宝交	12月どり	無施用	23	無加温	-	102	113	65	36	138	26	482	100	316	32	26	42 (0 2)	49	9.9
			375	"	"	-	100	151	124	42	185	52	652	132	417	38	26	36 (1 1)	61	10.8
			750	28	"	-	163	113	141	112	216	125	869	171	539	30	26	44 (1 21)	90	9.6
			女峰	"	"	-	119	99	220	267	182	164	1051	223	705	49	28	23 (1 2)	82	12.8
1988	女峰	11月どり	無施用	25	無加温	23	81	53	82	66	118	64	487	100	305	29	32	39 (1 8)	47	10.4
			500	"	"	29	90	71	110	177	63	96	636	131	477	43	29	28 (1 5)	53	12.0
			750	28	"	30	111	106	163	209	138	80	837	172	619	50	29	21 (1 2)	64	13.1
	女峰	12月どり	無施用	25	無加温	-	29	85	60	32	197	41	344	100	207	38	26	37 (0 10)	33	10.4
			500	"	"	-	50	112	116	108	99	39	526	153	387	50	24	25 (1 4)	41	12.6
			750	28	"	-	78	137	149	163	137	83	748	217	528	55	23	22 (1 3)	56	13.4
			とよのか	12月どり	無施用	28	5	-	47	40	20	45	79	46	277	100	152	37	24	39 (0 18)
とよのか	12月どり	無施用	28	5	-	61	83	118	137	89	88	576	175	395	47	23	30 (0 2)	47	12.3	
		750	"	"	-	61	62	64	97	70	54	408	147	284	47	28	25 (0 4)	33	12.5	
		無加温	-	50	59	73	76	52	52	361	130	258	42	25	33 (1 4)	31	11.7			
とよのか	12月どり	無施用	28	5	-	51	69	66	109	88	71	453	164	295	46	26	28 (0 2)	37	12.3	
		1000	"	"	-	51	69	66	109	88	71	453	164	295	46	26	28 (0 2)	37	12.3	

サイズの区分: L ≥ 15g > M ≥ 10g > S ≥ 4g

サイズ別割合は重量%

第4表 CO₂施用の生育への影響 (実験1)

(1988年度 女峰 12月どり)

Table 4. Effects of CO₂ on the growth (Exp.1)

処 理	時期別の生育								採取調査			
	濃度 ppm	換気 ℃	草丈cm	葉長cm	葉幅cm	葉枚枚	生重g/株	葉	クラウン	根		
無施用	25	20	17	10	8	7	5	7	6	17	4	7
500*	"	21	18	11	8	7	6	6	7	17	5	9
750*	28	22	19	11	9	7	5	7	9	21	6	15

葉長と葉幅は中心の小葉を計測

12月は12月24日、2月は2月8日、採取調査は2月15日

第5表 CO₂施用の果実への影響 (実験1 1988年度)

Table 5. Effects of CO₂ on flowering time and fruit weight (Exp. 1)

処 理	果房別開花日			月別平均果重								
	濃度 ppm	換気 ℃	第1花平均月/日	第1	第2	第3	11月	12月	1月	2月	3月	4月
11月どり	無施用	25	10/23	12/6	3/6	16	11	10	12	9	10	10
	500	"	10/23	12/14	2/9	16	12	12	18	12	10	10
	750	28	10/23	12/13	1/31	17	15	13	17	14	10	10
12月どり	無施用	25	11/14	12/14	3/16	-	19	12	11	9	9	8
	500	"	11/15	12/15	2/13	-	22	13	16	12	9	10
	750	28	11/13	12/10	2/3	-	22	15	17	13	10	11

品種: 女峰

る傾向が見られた。第5表は果実への影響を示しているが、CO₂施用により第3果房以降の出蕾が早まり、12～3月の平均果重が3～5g大きくなり、果実表面の種子の密度は、無施用区の13個/cm²に対して、施用区では10個/cm²に低下した。

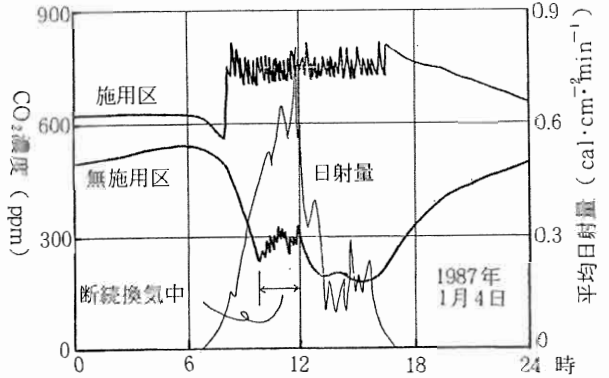
ハウス内のCO₂濃度の経時変化の一例を第2図に示した。無施用ハウス内のCO₂濃度は、夜明け前には600ppm程度あったが、昼間の最低時には200ppm以下まで低下した。換気扇が断続的に作動している時でも、ハウス内の濃度は外気の1/4程度であった。

CO₂ガスの使用量は第6表のとおりで、750ppm施用区で10a当りに換算して、5月末までに260～400kg/aであった。1987年度の方が11月と4月の濃度を高く保ったためガスの消費量は多かったが、効果も高かった。

実験2 品種適用性

品種と収量の関係を第7表に示した。一部の区でハダニの被害が発生したが、収量では‘女峰’が最も高く、‘とよのか’は第2果房の出蕾が遅延したためやや少なかった。‘アイベリー’は冬期には一層大果となり、12～2月の平均果重は30～40gに達したが、3月以降は果実が軟く果色も黒ずみ、商品価値が低いと判断された。‘宝交早生’は矮化して奇形果が多く、収量が少なかった。

11月どり作型について、定植後は雨除けハウス状態で管理したため、第2果房の出蕾は遅れた。1989年度に用いた夜冷苗は、場内の他のハウスでは年内に第2果房を収穫できたが、本ハウスではできなかった。



第2図 ハウス内のCO₂濃度の日変化（実験1）

Fig.2. Diurnal change of CO₂ concentration in a greenhouse (Exp. 1 Jan. 4, 1987)

第6表 炭酸ガスの使用量（実験1）

Table 6. Consumption of CO₂ Gas (Exp. 1)

年度	濃度 ppm	換気 °C	月別使用量 (kg/a)							計
			11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	
1987	375	23	4	19	25	26	33	25	4	136
	750	28	41	72	65	70	77	66	10	403
1988	500	25	3	41	37	50	49	1	3	185
	750	28	21	54	47	57	70	7	2	258

イチゴの植付面積を20㎡として換算

1987年度は3月の濃度を1/2に4月以降は375ppmに設定
1988年度は11月と3月の濃度を1/2に、4月は1/2にした

第7表 CO₂施用と品種・作型別の収量およびサイズ別割合（実験2）

Table 7. Monthly yield and size proportion in weight at some varieties and cultivation type under the CO₂ enrichment (Exp. 2)

年度	品種	作型	濃度			収穫重量 (kg/a)										サイズ別割合(%)					果数 千個/a	果重 g
			ppm	昼 °C	夜 °C	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	計	%	3月まで	L	M	S (病奇)				
1988	女峰	11月どり	500	25	2	40	111	80	151	146*	44*	26	598	97	528	37	35	28	(1 3)	50	11.9	
		12月どり	"	"	"	-	80	125	154	101*	112	43	616	100	460	48	25	28	(0 3)	51	12.1	
	とよのか	"	"	"	-	37	136	81	172	59	16	500	81	425	50	22	28	(3 3)	39	12.8		
	宝交早生	"	"	"	-	38	138	76	51*	48	32	383	62	303	32	21	47	(0 10)	40	9.5		
	アイベリー	"	"	"	-	37	126	142	41*	0*	35	380	62	345	85	9	6	(0 7)	17	22.6		
1989	女峰	11月どり	750	28	2	89	65	81	105	149	74*	107	671	110	489	37	32	32	(0 0)	59	11.3	
		12月どり	"	"	"	-	65	86	100	116	120	123	610	100	367	44	29	27	(0 0)	50	12.2	
	とよのか	11月どり	"	"	"	73	12	37	135	154	38	84	533	87	411	45	30	25	(0 1)	43	12.5	
	"	12月どり	"	"	"	-	47	65	102	123	60	66	462	76	337	50	29	21	(0 1)	36	12.8	

サイズの区分は第3表参照。

*ハダニが多発して収量が低下した。

考 察

1. CO₂の施用効果

収量は、CO₂施用濃度750ppmで、換気温度28℃の場合、無施用区に比べて40～120%増加した。また、果数と12～3月の平均果重が、それぞれ20～30%増加した。しかし、1988年度以降は無施用区でも他区に合わせて電照を用いず、ジベレリン処理も無しかやや薄めとし、換気温度も通風計測で平均25～28℃と、農家慣行よりも3～5℃程度高く設定した。その結果、無施用区では通常のハウスよりも一層CO₂ガス不足に陥り、同化量の不足と奇形果の増加により、収量低下を招いた可能性が高い。CO₂施用による増収について、最近の研究では中川ら⁶⁾は44%増を得ており、著者らが実施した奈良県下の農家における実用例の調査⁵⁾では、27～51%増となっている。これらの事情を考慮すると、現時点での増収率は30～50%と見るのが妥当かもしれない。しかし、実験1の1987年度の‘女峰’では、10a当り10tを超える収穫が得られており、さらに増収を目指して技術の改良を続けている。

CO₂施用による増収の内容を見てみると、3段階に分けられる。12月までは果数は決まっており、果実の肥大により増収し、1～3月は腋果房の早期出蕾と草勢の維持による果数の増加が加わり飛躍的に増収する。4月以降はCO₂施用量の減少に伴い、果実の肥大は止まるが、冬期の草勢の維持により果数は多くなり、増収が続く。CO₂施用の増収効果が最も顕著に現れるのは3月で、この効果を最大限に利用するには、少なくとも3月末まで収穫を続けねばならない。県下では3月上～中旬からトマトなどに替える作型が多いが、CO₂施用をする場合は、作型の再検討が必要である。

イチゴの根について、永嶋ら⁷⁾は着果負担により減少し、根と果実は競合関係にあることを指摘している。しかし、CO₂を施用すると第1図や第4表のとおり冬期でも根が消耗しなかった。この点は中川ら⁶⁾も指摘しており、CO₂施用による増収効果は、同化量の確保による根の活性の維持と、なり疲れの防止によると考えられる。

奇形果の発生は、‘宝交早生’ではCO₂高濃度施用区で多かったが、‘女峰’と‘とよのか’では、逆に無施用区で著しく多かった。観察によれば、前者の場合は腋芽の着加による葉の密生のため、蜜蜂の訪花が不良となったためではないかと考えられる。一方、後者では、CO₂無施用区の換気温度をCO₂施用区と同じ25～28℃と高温にしたことが、ハウス内のCO₂不足を一層助長して、花房の発育が悪く腋果房の発生も遅れ、蜜蜂の過剰訪花

による害も加わり、大量の奇形果が発生したものと思われる。CO₂不足による植物の生育不良と、蜜蜂の害のどちらが大きく影響したかは明らかでないが、奇形果の発生原因として冬期のハウス内のCO₂不足が関与している可能性が高い。

2. 栽培条件の影響

(1) 施用濃度

CO₂施用濃度は375～1000ppmの間で、濃度が増すほど収量は増加したが、ガスの使用量も増加した。織田⁹⁾は‘宝交早生’において300～3000ppmの4段階の比較をし、1500ppm以上では増収せず、光合成速度は光が弱いと800ppmで飽和するとしている。増収効果は750ppm施用で十分あり、この程度の濃度が実用上妥当と考えられる。

なお、夜明け前のハウス内のCO₂濃度は、本実験の場合は初冬で700ppm程度で、真冬には500ppm程度と、一般の農家の800～1500ppmよりも、やや低かった。土壌の有機物が不足していたためかもしれないが、葉かきを強めに実施したため、夜間の呼吸による上昇も少なくなったと思われる。

(2) 換気温度

換気温度を低く設定すれば換気扇が断続運転し、高濃度のCO₂施用はガス損失が増加するため困難となる。したがって、実用的には低温換気・低濃度施用または高温換気・高濃度施用の、どちらかを選択することになるが、増収率は後者の方が高くなる。

イチゴの光合成速度について、織田らは品種‘宝交早生’¹⁰⁾や‘女峰’⁹⁾において、CO₂濃度と光強度を高めると、適温域が上昇するとしている。この特性は、昼間の高温管理下におけるCO₂施用の妥当性を示している。換気扇作動温度を28±1℃に設定した時の、12～15時の実際の平均温度は25℃前後のことが多く、この温度は光合成速度が最高となる温度と一致している。

なお、本報の換気温度は通風装置を使用して計測しているため、通常のハウスであれば、さらに2～3℃高く管理した場合に相当する。

(3) 品 種

4品種について比較したところでは、‘女峰’と‘とよのか’が適していると判断された。‘アイベリー’は3月以降の果実が軟らかく高温管理は困難と判断され、‘宝交早生’は奇形果の発生が多く、果実も軟らかいため不適と判断された。品種による光合成能力の差は、織田ら^{9), 10), 11)}、佐藤¹²⁾、山川ら¹³⁾の比較によれば、‘硯紅’がやや高い測定例がある以外は大差はないとみられる。したがって、収量に影響する連続出蕾性と、高温管

理に耐える果実の硬さが、品種選択のポイントと考えられる。

(4) 作型

CO₂施用による収量増加率は、11月どりでは12月どりよりも多少劣っていた。これは11月どり作型では、第1果房はCO₂施用開始前に収穫し、第2または第3果房の出蕾が遅延することが多いため、CO₂施用が最も効果的な時期の収量が低いためと考えられる。年内収量の多い11月どり作型が増加する情勢にあるが、CO₂施用効果をより高めるには、第2～3果房の出蕾の連続化が課題となる。また現地の事例では、1月どりもCO₂施用による収量増加率が低くなっている。これは収穫のピークがハウスの換気量が多くなる2月以降となり、比較的に疲れの少ない作型のためと考えられる。

3. 経済性

ガスの使用量は1シーズンで260～400kg/aで、別報⁵⁾の現地調査に比べるとやや多かった。これは前述のとおり、換気運動回路を設けておらず、ハウスが小型で気温の上昇・下降速度が早く、サーモスタットの感度も高かったため、換気扇が小刻みに作動したためと思われる。ただし、換気扇の断続運転中の平均濃度は、現地事例よりも高くなっていた。

CO₂の実用設備に要する経費は現地調査⁵⁾では、液化CO₂の自動施用の場合で10a当り約40万円、年間償却費は8万円となる。また、ガスの消費量を10a当り2～3tとすると、県下での液化CO₂の単価は100円/kgであるから、ガス代は1作当り20～30万円かかることになる。したがって、年間の利用経費は28～38万円となる。一方、収量増は最低でも1.3倍を見込め、LMサイズの比率の増加により、約1.2倍の単価上昇が見込めるので、粗収益は少なくとも10a当り100万円の増加を見込める。収量増加による出荷経費や労力増加を差し引いても、少なくとも60万円前後の収益増加を期待できる。

イチゴは本県の施設園芸作物の中では、面積・生産額ともに1位を占める重要作物で、CO₂施用は本県のイチゴ栽培を活性化する技術として期待できる。

4. CO₂施用の実用基準

以上の結果から、現時点で促成イチゴへのCO₂施用の実用基準を整理すると次のとおりとなる。

(1) 施用濃度……高濃度ほど効果が高いが、750ppm程度で十分な効果がある。施用時間はハウス内のCO₂濃度が低下する8～17時とする。

(2) 換気温度……換気扇作動のONとOFFの平均温度

を28℃とする。25℃では換気時間が長くなるため、高濃度の施用は困難で、施用時間が短くなり、効果が劣る。なお、本研究では温度の計測に通風装置を用いているので、通常の日除けだけの温度計測の場合は、最高温度計で30～32℃になるように管理する。

(3) 品種適用性……‘女峰’と‘とよのか’に適し、‘宝交早生’には適さない。一般に、昼間の高温管理に耐える硬い品種が適している。

(4) 作型適用性……どの作型でも効果はあるが、11月どりよりも12月どりの方が連続出蕾するので、施用効果がより顕著に現れる。

5. 今後の課題

(1) 11月どり作型の出蕾の連続化

近年の促成イチゴでは、夜冷育苗による11月どり栽培が普及しつつある。しかし、前述のとおりCO₂施用は11月どり栽培ではやや効果が低下した。第2または第3果房の出蕾の遅延をなくす栽培技術の確立が望まれる。

(2) 品質の評価と向上対策

色艶や糖度など品質面について、予備的な調査ではいずれも向上の傾向が認められたが、まだ十分な評価はしていない。逆に、果実の硬度は高温管理で多湿になるとやや低下すると考えられる。とくに、絶対湿度の高くなる3～4月については、慣行栽培でも果実が軟らかくなり、糖度も低下しがちのため対策を要する。

奇形果の発生原因は、蜜蜂の活動以外に、ハウス内のCO₂不足と品種の特性に原因があると考えられ、再検討が必要である。

(3) 栽培環境の影響

CO₂施用時の光強度は、光合成速度に大きく影響する。本報では内張りカーテンは固定張りとしたが、農家での実用において、カーテンの開閉をどうするかは大きな問題である。奈良県では冬期に比較的曇天日が多いため、ガスの密閉効果や保温効果と、光線の確保や除湿のどちらを優先させるべきかは、今後の検討課題である。

湿度環境について、場内のハウスは乾燥気味で、ハダニが増加したが、農家においては、むしろ多湿病害である灰色かび病が問題となっている。カーテンの管理と併せて、除湿対策も重要と考えられる。一方、湿度は気孔の開度に影響を与えるため、光合成への影響の評価も残された課題である。

暖房温度は本報の5℃では、暖冬の影響もあり効果が小さかったが、もっと高温の暖房についても検討の余地がある。

(4) 設備の簡易・低コスト化

本研究では換気扇を利用したが、換気扇の普及率は20%程度で、自動吸気口を備えたハウスは一層少ない。したがって、自然換気ハウスにおける利用法の確立も急務である。このようなハウスには、多少効果が不確実になるが、液化CO₂のタイマー施用や、家庭用のファンヒーターの利用が適していると思われ、場内および現地で調査を継続している。この場合、液化CO₂と燃焼ガスによる効果の差や、ガスの分布や不純ガスの影響についても評価をする必要がある。

以上のとおり、促成イチゴに対するCO₂施用技術は効果が高く、農家における実用も進んでいるが、種々の課題も残されている。今後は残された課題について順次研究を続け、技術の改善に努める予定である。

摘 要

1. 促成イチゴへのCO₂施用の効果を、強制換気ハウスで濃度制御器を用い終日施用して調査した。
2. 収量はCO₂濃度750ppm、換気温度28℃の条件で、無施用区より40~120%増加し、収穫果数と平均果重が20~30%増加した。
3. 濃度は375~1000ppmの間では高いほど増収したが、実用では750ppmで十分な効果があると判断された。
4. 換気温度は28℃が適当であった。
5. 品種は、'女峰'と'とよのか'が適し、'室交早生'は不適と判断された。
6. 作型は、11月どりよりも12月どりで増収率がやや高かった。
7. CO₂の消費量は10a当り2~3tと推定され、ガス施用の経済性は高いと判断された。

引用文献

1. 中国農業試験場編, 1989, 昭和63年度近畿中国農業研究成果情報: 119-120.
2. 川島信彦・黒住 徹, 1990, 施設内におけるCO₂施用に関する研究(第2報) 葉菜類の生育に対する効果, 奈良農試研報 21: 15-23.
3. ———, 1990, 促成イチゴに対する炭酸ガスの施用, 近畿中国地域における新技術 No.22: 59-66.
4. ———, 1990, 促成イチゴに対するCO₂施用の手引, 新技術解説書 No.30.23p, 奈良農試.
5. ———・棚田一治・三浦泰明・中川清裕・宮本重信, 1990, 奈良県下におけるイチゴに対するCO₂施用の現地調査について, 園学雑 59別1: 446-447.
6. 中川 泉・吉岡 宏・河田 貢・西村仁一・村上昌子, 1989, 寡日照地域における施設野菜のCO₂施用に関する研究(第2報) イチゴ'女峰'の生育・収量に及ぼすCO₂施用の影響, 園学雑 58別2: 352-353.
7. 永嶋芳樹・佐田 稔, 1982, イチゴの促成栽培における根の発育経過, 静岡農試研報 27: 31-36.
8. 織田弥三郎, 1975, イチゴに対するCO₂施用の理論とその実用化, 農および園 50(12): 1497-1502.
9. ———・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.
10. ———・中野正久, 1990, 群落の環境要因ならびに構成葉令がイチゴの株光合成に及ぼす影響, 近畿中国農研 79: 31-35.
11. ———・柳 智博, 1990, 栽培イチゴにおける光合成速度の品種間差異について, 近畿中国農研 80: 38-42.
12. 佐藤秋生, 1987, 高能率野菜生産技術の開発(2) 基礎実験設備におけるハウレンソウ、イチゴの光合成特性, 電力中研報 U87018: 1-12.
13. 山川 理・成河智明・野口裕司, 1986, 野菜試久留米支場 研究年報 No.10: 80-83.
14. 野菜試験場編, 1977, 野菜の炭酸ガス施用に関する試験成績概要.