

炭酸ガス施用がイチゴ品種「やよいひめ」の 収量・品質に及ぼす影響

田嶋誠也・唐澤 智

要 旨

群馬県育成イチゴ品種「やよいひめ」の栽培において、炭酸ガス施用が収量・品質に及ぼす影響について3ヶ年検討した。ハウス内炭酸ガス濃度を600ppmに管理すると、果数、平均一果重が増加し、無施用と比べて収量が14~29%、400ppmに維持すると5~10%増加した。また、炭酸ガス施用に伴う費用対効果は、600ppm、400ppm共に増収に伴う収益が必要経費を上回り、利益が向上した。

緒 言

近年、施設果菜類の生産現場では、環境制御技術の導入により生産性を向上させる事例が見られ、関心が高まっている。環境制御技術は、ハウス内を作物にとって適切な環境に整えることによって、より効率的に栽培できる。期待される効果は、光合成速度の増加による収量増加や湿度の制御による病害虫発生の抑制等が挙げられる。

県内のイチゴ栽培は、生産者及び、生産面積の減少が続き、生産手段の変更等による産地の活性化が急務である。その現状を打破する一手段として、前述の環境制御技術の導入が期待される。環境制御技術の中で特に効果が高いとされているのが炭酸ガス施用である¹⁾。促成イチゴ栽培において、12月~2月頃は換気が少ないため、日射が多く、光合成が盛んに行われる日はハウス内の炭酸ガス濃度は外気より低下する傾向にある。そのため、光合成に必要な炭酸ガスが不足している状態になっている。炭酸ガス施用は、液化炭酸ガスの生ガス施用やLPガス・灯油の燃焼によって、ハウス内の炭酸ガス濃度を積極的に上昇させる技術であり、光合成の効率を上げることができる。県内では、日中の炭酸ガス施用を行っている生産者は少ないが、収量増加に有効な手段となるため、炭酸ガス施用技術が産地の活性化に及ぼす期待は大きい。

炭酸ガス施用がイチゴの収量・品質に及ぼす影響について、国や都道府県研究機関により報告されている²⁾が、群馬県内の主力品種である「やよいひめ」に対する効果については、その知見が少ない。

そこで、本研究では「やよいひめ」を用いて、ハ

ウス内炭酸ガス濃度の測定や炭酸ガス施用が収量・品質に及ぼす影響について検討した。

試験方法

(1) 試験場所および材料

試験は、2016年~2018年にかけて、群馬県農業技術センターの敷地内に設置した角屋根南北ハウス(軒高2.9m、間口6.3m、奥行15m、軟質P0フィルムを被覆)3棟(2017年は2棟)で行った。栽植様式は、畝幅100cm、株間25cm、2条千鳥植え(栽植密度:8,000株/10a)とし、本ぼには、基肥(緩効性肥料を含む)としてN24kg/10aを全層施用した。追肥は行わなかった。

育苗は、雨よけ高設栽培で行った。4月下旬にプランターに親株を定植し、5月下旬に固形追肥用肥料を施用してランナーの発生を促した。発生したランナーは、挿し木、挿し芽用培土(商品名「よかばいど」、北海道ピートモス(株))を充填したスリット入り連結ポット(商品名「空中ポットレストレー(24穴)」、(株)阪中緑化資材)に随時受け、7月下旬~8月上旬にランナーを切り離した。9月下旬に本ぼに定植し、土耕栽培を行った。換気は、天窓、側窓を用い、天窓は自動、側窓は手動で行った。10月下旬に黒色マルチを設置し、冬期は最低夜温8℃で加温を行った。

試験区は棟ごとに設置し、構成は表1のとおりとした。2016年、2017年は試験区(20株)を3箇所、2018年は試験区(5株)を4箇所設定した。

(2) 炭酸ガス施用方法

炭酸ガス施用は、液化炭酸ガスを用いた生ガス施用、LP ガスを用いた燃焼式施用の 2 通りの方法で実施した。生ガス施用は、イチゴ株間に多孔質チューブを配置し、株元に液化炭酸ガスを供給する株元局所施用を行った(図 1)。燃焼式施用は、LP ガスを燃焼し、発生した炭酸ガスを供給した。両施用法ともに炭酸ガス自動制御器を用いて、ハウス内炭酸ガス濃度が 400ppm、600ppm 前後になるように施用した。施用期間は、12 月上旬～ 4 月上旬、施用時間帯は、概ね日の出から日の入りまでとした。

表 1 試験区の構成

年	炭酸ガス濃度	炭酸ガス施用	
		目標濃度 (ppm)	方式
2016	600ppm	600	生ガス施用
	400ppm	400	生ガス施用
	無施用	-	-
2017	600ppm	600	生ガス施用
	無施用	-	-
2018	600ppm	600	生ガス施用
	400ppm	400	燃焼式施用
	無施用	-	-

注) 炭酸ガス自動制御器：生ガス施用は商品名「プレス」(株) テヌート社製 燃焼式は商品名「みのるくん」KCHN-35 (株) 桂精機製作所社製を使用



図 1 液化炭酸ガスを利用した株元施用

(3) 調査方法

それぞれのハウス内に、環境測定機器(商品名「プロファイnderⅢ」、(株) 誠和)を設置(株と同じ高さ)し、ハウス内温度、炭酸ガス濃度を測定した(図 2)。果実は、規格(群馬県青果物標準出荷規格)毎に個数・重量を測定し、月に 2 回程度糖度を測定した。一次腋花房、二次腋花房の頂花の開花日を記録し、日ごとの開花率(試験区の株に占める開花株の割合)を算出した。また、炭酸ガス施用に

伴う費用と収支額について試算した。



図 2 ハウス内環境データ測定

結 果

ハウス内炭酸ガスを測定したところ、時期別のハウス内炭酸ガス濃度推移は、600ppm 区では、どの時期でも日中おおむね 600ppm を維持できた。3 月は換気のタイミングで濃度が急激に下がり、濃度変化が激しかった。400ppm 区は、どの時期においてもおおむね 400ppm を維持できた。無施用は、換気が少ない 1 月は外気に比べて大きく減少するが、換気が多くなる 3 月では外気と同程度の濃度になった。ハウス内炭酸ガス濃度の推移は、調査を行った各年においても同様の傾向となった(図 3)。

燃焼式施用がハウス内温度に及ぼす影響について調査するため、炭酸ガス施用が行われる日中の平均温度を確認したところ、無施用、生ガス施用ハウスと比較して大きな差は見られなかった(図 4)。

10a あたり収量は、炭酸ガス施用を行った 400ppm 区、600ppm 区共に無施用より収量が多かった。400ppm 区では 5～10%、600ppm 区では 14～29%増収し、600ppm 区で増収効果が高かった。総果数、一果重においても 600ppm 区が増加率は最も高かった(表 2)。月別の 10a あたり収量は、1 月～3 月にかけて 400ppm 区、600ppm 区共に増収率が高く、特に 600ppm 区で顕著だった(表 3)。規格別 10a あたり収量は、600ppm 区において 2L(15g)以上の規格の収量が大きく増加した(図 5)。糖度については、炭酸ガス、月、交互作用において有意差が見られた(表 4)。開花率は、一次腋花房、二次腋花房共に、600ppm 区は 400ppm 区、無施用に比べ、開花が早かった。400ppm 設定と無施用では、一次腋花房、二次腋花房で異なる傾向を示した(図 6)。

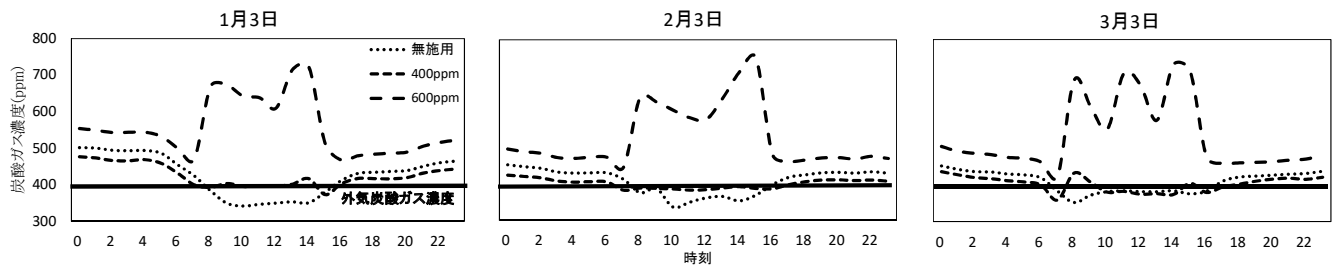


図3 月別ハウス内炭酸ガス濃度の日変化 (2016年:晴天日)

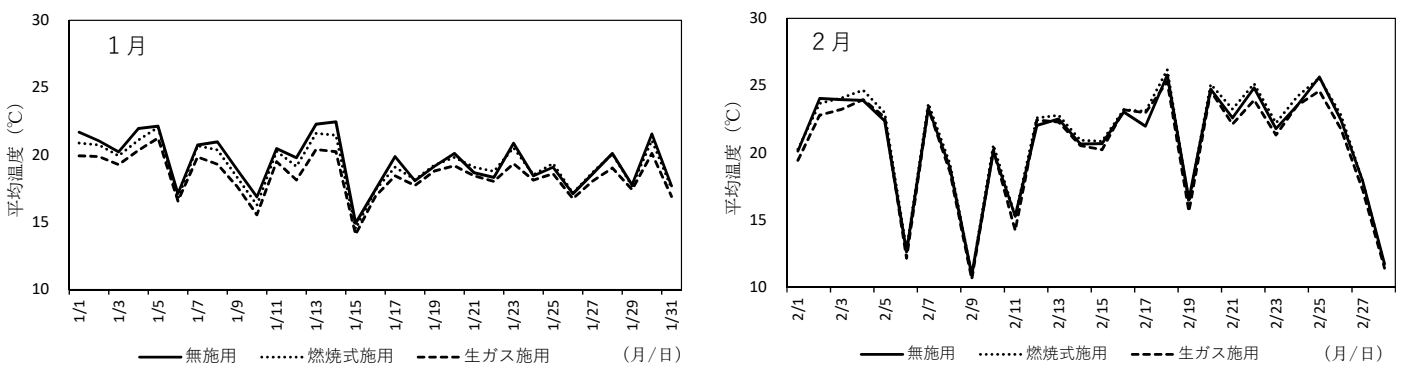


図4 月別ハウス内日中平均温度推移(2018年)

注) 燃烧式施用は 400ppm 生ガス施用は 600ppm

注) 各日の温度は 8時～16時の平均

表2 炭酸ガス施用がイチゴ「やよいひめ」の収量、果数及び一果重に及ぼす影響

年	炭酸ガス濃度	収量		総果数		平均一果重	
		(t/10a)	同左 対照比	(果/株)	同左 対照比	(g/果)	同左 対照比
2016 (n=3)	600ppm	6.58	126	44.8	115	18.3	110
	400ppm	5.50	105	42.2	108	16.3	98
	無施用	5.23	(100)	39.1	(100)	16.7	(100)
2017 (n=3)	600ppm	5.94	114	40.7	101	18.2	112
	無施用	5.23	(100)	40.3	(100)	16.2	(100)
2018 (n=4)	600ppm	6.82	129	43.2	111	19.7	117
	400ppm	5.80	110	40.4	103	17.9	106
	無施用	5.28	(100)	39.1	(100)	16.9	(100)

注) 2016年 2017年度は1試験区20株で3箇所 2018年度は1試験区5株で4箇所

表3 イチゴ「やよいひめ」における炭酸ガス施用と収量の関係

月	炭酸ガス濃度	2016年		2017年		2018年	
		収量 (t/10a)	同左 対照比	収量 (t/10a)	同左 対照比	収量 (t/10a)	同左 対照比
12	600ppm	0.30	127	0.25	122	0.11	44
	400ppm	0.29	123	-	-	0.24	93
	無施用	0.24	(100)	0.20	(100)	0.25	(100)
1	600ppm	1.23	132	1.11	105	1.43	124
	400ppm	1.16	124	-	-	1.31	114
	無施用	0.93	(100)	1.06	(100)	1.15	(100)
2	600ppm	1.54	120	1.43	119	1.85	154
	400ppm	1.31	102	-	-	1.26	105
	無施用	1.28	(100)	1.20	(100)	1.20	(100)
3	600ppm	1.46	164	1.14	130	1.58	149
	400ppm	0.92	103	-	-	1.12	106
	無施用	0.89	(100)	0.88	(100)	1.06	(100)
4	600ppm	0.96	114	1.07	117	0.90	89
	400ppm	0.77	92	-	-	1.05	105
	無施用	0.85	(100)	0.92	(100)	1.01	(100)
5	600ppm	1.09	105	0.93	95	0.95	156
	400ppm	1.05	101	-	-	0.82	136
	無施用	1.04	(100)	0.97	(100)	0.61	(100)

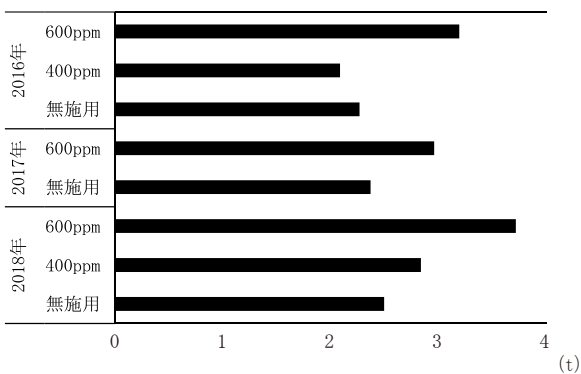


図5 炭酸ガス濃度による15g以上の果実収量の差

表4 炭酸ガス施用が月別糖度に及ぼす影響(2016年)

炭酸ガス濃度	平均糖度(Brix値)			
	1月	2月	3月	4月
600ppm設定	9.7	11.0	11.5	9.8
400ppm設定	9.0	9.9	11.6	10.2
無施用	9.2	8.9	11.2	10.0

分散分析

炭酸ガス濃度 (A) *

月 (B) *

交互作用 (A×B) *

注) 調査果数は18果

注) 二元配置分散分析により*は5%水準で有意差あり

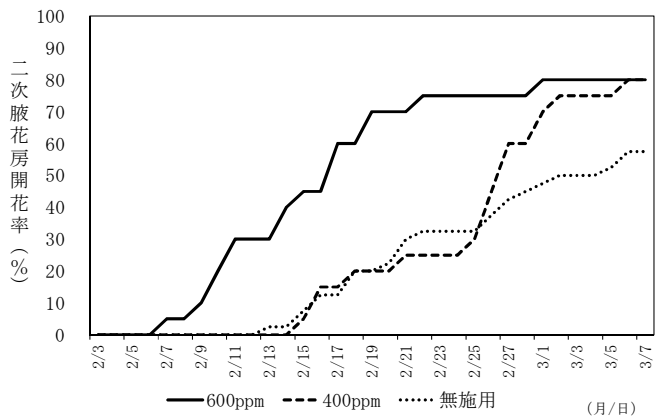
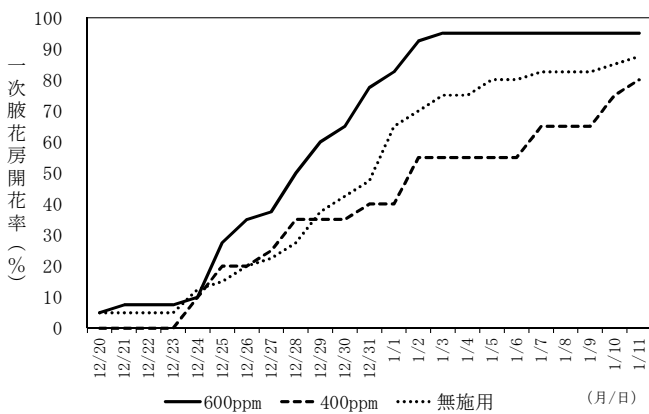


図6 炭酸ガス施用がイチゴ「やよいひめ」の開花に及ぼす影響(2016年)

表5 炭酸ガス施用のイチゴ「やよいひめ」の収量から算出した収支額

炭酸ガス	600ppm	400ppm	400ppm
施用方式	局所(2016~2018)	局所(2016)	燃焼(2018)
燃料費用	液化炭酸ガス 57万円	液化炭酸ガス 6万円	LPガス 17万円
機器設置費用等	16万円	16万円	10万円
増収量	1.20t	0.27t	0.52t
増収金額	119万円	27万円	51万円
収支額	+46万円	+5万円	+24万円

注) 増収量は無施用と比較した数値

注) 炭酸ガス単価：0.432 円/L、LP ガス単価：500 円/m³、イチゴ単価：987 円/kg で計算

(イチゴ単価は2015年3月群馬県農業経営指標参照、全ての規格において同一単価で計算)

注) 機器設置費用は耐用年数7年で計算

注) 数値は10aあたり 千円以下は四捨五入

増収金額から費用を差し引きした10aあたりの試算収支額は、600ppm、400ppmの生ガス施用、400ppmの燃焼式施用ともにプラスとなり、特に600ppm生ガス施用で利益が高かった(表5)。

考 察

ハウス内の時期別炭酸ガス濃度については、時期によって変化しており、無施用において、日中1月、2月が特に低く、3月がやや上昇しているのは、天窗・側窓の換気回数の影響が大きい。冬期では天窗・側窓が閉じていることが多く、外気から炭酸ガスが補給されないため、光合成によりハウス内の炭酸ガスは減少する。逆に、暖かくなり、天窗・側窓が開放し始めるとハウス内に外気が流入するため、外気程度の炭酸ガス濃度になる。600ppm区において、4月にハウス内炭酸ガス濃度を600ppmに維持することが難しかったのは、天窗・側窓の開放により、施用した炭酸ガスが拡散してしまったからだと考えられる。

燃焼式施用を実施したところ、局所施用ハウス、無施用ハウスと比較して温度上昇は見られなかった。これは、濃度制御による間欠運転のためだと考えられ、本試験の施設及び機器の条件では、燃焼式施用であってもハウス全体の温度に影響することはなかったと思われる。

炭酸ガス施用が収量に及ぼす影響については、炭酸ガス施用を行い、ハウス内濃度を高めると収量が多くなる事例が多い。本試験の「やよいひめ」においても同様に収量は増加した。600ppm区は無施用に比べ、14～29%増収しており、効果が大きい。

収量増加の要因は、果数の増加²⁾、花の連続性³⁾、平均一果重の増加が考えられる。

果数の増加については、本試験では炭酸ガス施用濃度が高いほど、収穫果数は増える傾向にあった。炭酸ガス施用により光合成産物が増加したことで、花へ転流される光合成産物も増加して、収穫果数が増えたと推察される。

次に、花の連続性について、本試験では600ppm区は無施用に比べ、一次腋花房、二次腋花房の開花は早まったことから、炭酸ガス施用で葉の展開が早くなり、花房の出蕾が促進された⁴⁾と考えられる。400ppm区の開花は、一次腋花房では無施用より遅かったが、二次腋花房では早まった。炭酸ガス高濃度施用によって、一次腋花房以降の開花、収穫が連続し、収穫が早まることで中休みが短縮し、増収した可能性が考えられる。

次に、果重の増加であるが、600ppm区は、無施用と比較して、2017、2018年度において差が大きく、2L以上の大果が増えた。イチゴの炭酸ガス-光合成曲線は、炭酸ガス濃度が上がるにつれて光合成速度は直線的に増加していき、およそ400ppmを超えると徐々になだらかな増加となり、1000ppm程度で飽和する。そのため、1000ppmを超える炭酸ガス施用は、光合成促進の観点からは必要ないとされる⁵⁾。600ppm区では無施用、400ppm区に比べ光合成速度が高いため、光合成産物が多く生産され、果実への転流が多く、果重が増えたことにより収量が増加したと推測できる。また、糖度については、二元配置分散分析の結果、炭酸ガス濃度、時期において有意な差が出たが、交互作用においても差が出たため、今回の試験では糖度への影響について結論づ

けることはできなかった。

費用対効果については、燃料を液化炭酸ガス、LPガス、炭酸ガス濃度を400ppm、600ppm維持のいずれも利益が生じた。特に、液化炭酸ガスを用いた600ppm区で、最も利益額が高かった。本試験では、どちらの方法を用いても、炭酸ガス施用を行うことで増収し、収益は向上した。施用方式、炭酸ガス施用濃度によって燃料費用や機器設置費用が異なるため、導入には、投資費用やランニングコストを勘案しながら判断する必要がある。

「やよいひめ」栽培における炭酸ガス施用は、施用濃度が600ppm、400ppmで増収し、特に600ppmでは果重も増え、2L以上の上位規格品も増加した。糖度への影響は判然としないが、費用対効果も高く、利益が出ることから、収量の増加を目指すには有益な技術である。本試験においては、炭酸ガス施用は400ppm、600ppmで実施したが、更なる増収・利益の向上を目指すためには、最良の費用対効果が得られる適切な施用方式、炭酸ガス施用濃度を確認していくことが必要となる。

(Carbon Dioxide Gas, Strawberry, Yayoihime)

Effects of Application of Carbon Dioxide Gas on Yield and Quality of Strawberry Cultivar “Yayoihime”

Seiya TAJIMA and Akira KARASAWA

Summary

Effects of application of carbon dioxide (CO₂) gas on yield and quality of crops were investigated for 3 years using the strawberry cultivar “Yayoihime,” which was developed in Gunma Prefecture, Japan. When the CO₂ gas concentration in greenhouses was maintained at 600 ppm, the number of fruits and average weight per fruit increased. Compared to the condition without CO₂ application, yield was improved by 14-29% with application of CO₂ gas at 600 ppm and 5-10% at 400 ppm. In terms of cost effectiveness, CO₂ gas application at both 400 and 600 ppm improved profitability, with the increased yields generating revenue greater than expense.

引用文献

- 1)川島信彦. 1991. 施設内におけるCO₂施用に関する研究(第3報). 奈良県農業試験場研究報告. 22: 65-72
- 2)松垣喜詞ら. 1998. イチゴ「とよのか」の促成栽培におけるCO₂施用技術. 大分県農業技術センター研究報告. 28:45-56
- 3)重野貴ら. 2001. 促成栽培におけるイチゴ「とちおとめ」の生育及び収量に及ぼす電照, 炭酸ガス施用及び地中加温の効果. 栃木県農業試験場研究報告. 50:39-49
- 4)黒木雄二ら. 1994. 炭酸ガス施用によるイチゴの増収技術第1報. 九州農業研究. 56
- 5)和田義春ら. 2010. 促成, 半促成栽培におけるイチゴ品種‘とちおとめ’の高CO₂濃度下の葉光合成速度促進に及ぼす光と温度の影響. 日本作物学会紀事. 79巻 2:192-197