

バラ栽培へのCO₂施用に関する研究

渡辺 寛之*

Studies on CO₂ Enrichment for Roses Culture.

Hiroyuki WATANABE

Summary

Effect of CO₂ enrichment for roses and high economical CO₂ enrichment was studied.

1. It was confirmed that CO₂ generated from rice straw as organic material highly stimulated the growth of roses in closed chamber.
2. The upper parts of nursery plants that were cultured in plastic greenhouse enriched CO₂ were monthly harvested to study the effect of CO₂ enrichment on roses. The dried products in CO₂ enriched house increased by 40-70% .
3. Effect of CO₂ enrichment for the roses cultivated for 4 years was studied. The number of flowers from Dec. to Apr. increased by 63% and the length of flowers became long.
4. Effect of CO₂ enrichment generated from remade kerosene heater on productivity, quality and return was studied. Rate of bigger size cut flower increased and amount of selling increased by 42% from mid. Nov. to May.

Key words : CO₂ enrichment, roses, rice straw, kerosene heater

緒 言

奈良県における切りバラ栽培は冬切り栽培と夏秋切り栽培の両方が行われている。冬切り栽培は、暖房コストが大きいにもかかわらず冬期の光線量が不足するために、品質および収量面で他の産地よりも不利と考えられてきた。このために、夏期における労働集中の問題を抱えながらも、都市近郊の条件を生かした夏秋切り栽培が多く行われてきた。しかし近年は、夏期冷涼な地域において品質の高い切花が生産されるようになり、価格低下により夏秋切り栽培は経営的に難しくなっている。今後もより冷涼な地域へ生産が拡大すると考えられ、冬期栽培に重点を置かざるを得ない状況になってきている。

我が国でCO₂施用の実用化研究が始まったのは、1960年代からであるが、花き栽培はもとより野菜栽培においても欧米に比べて実用化が遅れていた。川島は野菜栽培において従来の一般的な施用方法、早朝施用、と異なる方法でCO₂施用を行い、経済性のある増収効果を得ることができた¹⁾。

⁵⁾。すなわちCO₂コントローラーを用い、換気を行わない期間は終日大気濃度の2倍前後(750ppm)になるように施用する方法である。バラへのCO₂施用については、基礎的なデータも多く報告されており、気温の低い欧米では十分な効果が得られている。しかし、我が国では十分な経済性があるとする報告がなく、CO₂施用を行っている農家は少ない。

本報告ではバラ栽培への有機物およびCO₂の施用効果と、より経済性の高いCO₂施用方法について検討した結果を報告する。

材料および方法

試験1 稲わらによるCO₂の発生と生育への影響

有機物から発生するCO₂が生育にどのように影響するかを調べるため、CO₂を施用している温室内に、湿らせた稲わらを入れた密閉室と入れない密閉室、さらにCO₂施用室をつくり、‘ソニア’を栽培した。密閉室は、内容積が約1m³で、木枠に底部以外の5面をビニルで被覆し、黒ポリビニ

* 現奈良県郡山地域農業改良普及センター

ルマルチ上に設置した。稲わらは水に湿らせたものを植物に接触しないようトレイに20リットル入れ、有孔ポリフィルムで覆って試験開始時に密閉室に入れ、CO₂を発生させた。無処理の密閉室にも底面給水用のマットを稲わらと同様に入れ、試験期間中は両区とも乾燥しないよう注水した。一方、CO₂施用室も同じ構造で、CO₂施用温室内で北側の側面のみを開放し、CO₂濃度が600ppmに維持できるようにした。1996年1月19日にさし木した‘ソニア’の発根苗を、2月29日にロックウールの粒状綿を入れた育苗バットに8株ずつ定植し、各栽培室に入室した。育苗バットをプール状のベンチに置いて、1日1回(タイマー制御)の腰水での養液の中断給水によってかん水および施肥を行った。

なお、CO₂施用は試験開始から3月23日まで行った。調査は3月30日に行い、植物体は通風乾燥機によって1昼夜80℃で乾燥させ、乾物重を測定した。

試験2 CO₂施用がバラの刈取り重量に及ぼす影響

バラに対するCO₂施用の効果を定量的に把握するため、CO₂施用温室と対照温室との生育量について‘カーディナル’、‘ソニア’、‘ブライダルピンク’のさし木苗を用いて比較した。1991年12月4日に、もみがら、山土、ピートモスを等量混合した用土を入れた育苗バット(0.15m²)に9株ずつバラを定植し、直ちに入室して栽培を開始した。CO₂を施用しているビニルハウスではCO₂濃度を終日750ppmに制御し、4月20日まで施用した。ただし、換気を行っている間は施用を中止した。換気温度は28℃で、夜間の最低温度は12℃とした。雨天日以外1日に1回かん水し、1週間に1回園

試処方の2単位液をかん水に代えてかん注した。

試験3 切花長および切花収量に及ぼすCO₂施用の影響

5年目のロックウール栽培を行っているバラにCO₂を施用し、収量および切花長への影響についてCO₂施用前と比較した。供試品種として‘ソニア’を用いた。

30cm幅のロックウールベッド2列で1畝を構成し(畝幅1.5m、2条植え)、ベッド当たり3株植え(株間30cm)で、栽植密度は4.4株/m²とした。定植は1988年の2月22日で、6月より収穫を開始した。定植した夏とCO₂の施用を始める直前の夏はせん定を行わなかった。また、栽培当初より芽の整理は行わず40cm以上のものを収穫した。そのほかの管理条件は第1表のとおりであった。

CO₂施用は1992年11月20日から1993年3月28日まで行い、濃度は気温が高い時期は450-600ppmで、低い時期は800ppmとした。換気扇が作動しない期間は夜間も含めてLPガスの燃焼によって終日施用した。燃焼機はJonson1332型、制御にはコスGH250E型を用いた。換気は換気扇によって行った。CO₂を施用しなかった栽培5年目の秋までは27℃で換気し、CO₂施用を行った栽培5年目の秋以降は32℃で換気した。採花は5枚葉を1~2枚残して行ったが、CO₂を施用した1993年の1月より調査終了まではフック切り(1~2節分古い枝の部分を含めて切る)によって採花した。このときの調査においては、新梢部分の長さのみを切花長とした。

第1表 CO₂施用前および施用時の栽培管理(試験3)

Table 1. Environmental control before and at CO₂ enrichment. (Exp. 3)

栽培年次	CO ₂ 施用	温度管理		カーテン
		最低夜温	換気温度	
1988~1989	無施用	18℃	27℃	開閉
1989~1990	無施用	18℃	27℃	閉切
1990~1991	無施用	18℃	27℃	閉切
1991~1992	無施用	18℃	27℃	閉切
1992~1993	施用	16℃	32℃	閉切

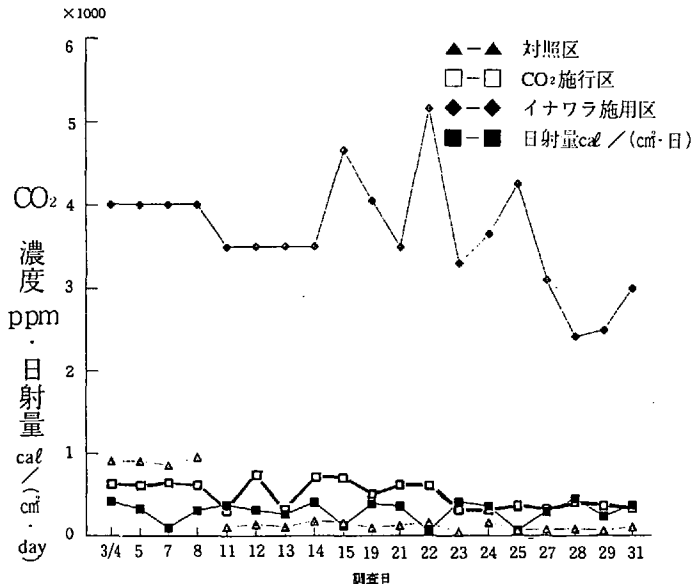
試験4 改造石油ファンヒーターによるCO₂施用の経済評価

CO₂施用をより経済的に行うために家庭用石油ファンヒーターを改造し、バラ栽培への適用性について検討した。試験は平群町の農家において行い、土耕での冬切り栽培中の‘ルーレット’を用いた。ファンヒーターは松下電器産業株式会社製のOH-30Fを用い、照度センサー(松下電工EE4413)およびリレーによって日射量1,500lx以上で作動し、300lx以下で停止するようにした。3時間燃焼後の自動消火機能を解除し、日中は連続運転してCO₂を放出するようにした。気温が石油ファンヒーターの設定温度に近づくと燃焼量が減少するので、設定温度は換気温度と同じ28℃にした。灯油は市販の1号灯油を用い、オイルレベルコントローラにより外部タンクより自動給油が行えるように改良した。CO₂を施用した温室は2連棟(面積:660m²)で、2台の石油ファンヒーターを連棟谷間の入口側と奥側に配置した。CO₂施用は11月2日から4月8日まで行った。なお、対照に無処理区を設け、最低夜温はCO₂施用区と同じ18℃、換気温度は25℃に設定した。

結 果

試験1 稲わらによるCO₂の発生と生育への影響

各処理室のCO₂濃度は第1図のように推移し、稲わら施用区では栽培開始から数日でCO₂濃度が



第1図 CO₂濃度および日射量の推移(試験1)

Fig. 1. Change of CO₂ concentration and solar radiation. (Exp. 1)

上昇し、3,000から4,000ppmで推移した。これに対し、対照とした無処理区では当初900ppmであったが、1週間後には100ppm前後に低下した。

稲わら施用区では、密閉による高温条件にもかかわらず第2表のように生育が良く、発根苗から伸長した枝に着蕾するものが38%あった。これに対し、他の区では着蕾するものはなかった。また、稲わら施用区は密閉のみの無処理区に対し、平均茎長で298%、地上部茎葉重で227%、同乾物重で255%と高い値を示した。また、CO₂施用区は着蕾こそなかったものの、稲わら施用区に次ぐ生育量で、無処理区に対し平均茎長で195%、地上部茎葉重で176%、同乾物重で163%であった。無処理区では生育が非常に悪く、生育量を表すすべての項目において他の区よりも劣った。

試験2 CO₂施用がバラの刈取り重量に及ぼす影響

刈取り時期が後になるほど株が充実して刈取り重量が増加する傾向にあったが、増加割合の大きい時期と小さい時期が交互になる傾向があったため、刈取り時期によってCO₂施用区と無処理区との差がなくなったり、CO₂施用区が無処理区よりも下回ることもあったが、ほぼ全期間にわたってCO₂施用区の刈取り重量が無処理区を上回った。第3表のように全期間の合計では、CO₂施用によって、刈取り乾燥重量は、‘カーディナル’で42%、‘ソニア’で78%、‘ブライダルピンク’で43%増加した。新鮮重でも‘カーディナル’で44%、‘ソニア’で71%、‘ブライダルピンク’で55%増加した。3品種の平均では乾燥重で54%、新鮮重で57%刈取り重量が増加した。

試験3 切花長および切花収量に及ぼすCO₂施用の影響

CO₂を施用しなかった4か年では、栽培年数が長くなるにしたがって切花本数は徐々に減少する傾向にあった。この4年間の12-4月の平均切花収量は59本/m²であり、切花長は1年目が45cmと短かったものの、その後は60cm前後で推移していた(第2・3図)。しかし、CO₂の施用を始めるとすぐに伸張している芽がかたくなり、充実してくるようになると思われた。また、新芽の発生が増加したので、過繁茂状態になるのを防ぐためと樹高の低下を行うために、1月より切り下げによって収穫を行った。CO₂の施用によって、12-4月の切花収

量は97本/m²と63%増加し、平均切花長も65cmと長くなった(第2・3図)。またCO₂を施用することによって、切花は軟弱な細いものから太く充実したものの割合が増加し、花色が濃くなった。さらに切り下げによる採花を行っても下位の枝からの萌芽が良く、切り下げを続けることによって樹高の低下とベーサルシュートの発生増加による採花母枝の更新が可能であった。

なお、CO₂施用のために使用したプロパンガスは1,600kg/10aであった。

試験4 改造石油ファンヒーターによるCO₂施用の経済評価

CO₂施用期間を通して灯油の不完全燃焼による臭いおよびエチレンや窒素酸化物による障害もなく、ヒーターは正常に作動した。第4図左側は換

第2表 稲わらおよびCO₂施用がバラの生育に及ぼす影響(試験1)

Table 2. Effect of CO₂ enrichment and application of rice straw on roses growth. (Exp. 1)

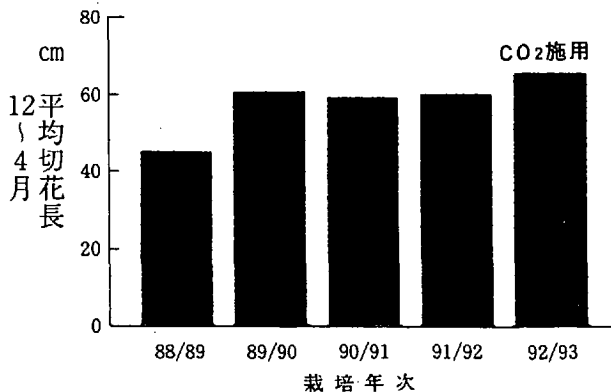
処 理	着蓄率 %	茎長 cm	節数	茎葉重 g		根重 g 生
				生	乾燥	
密閉稲わら施用	38.0	19.3a	6.4a	5.8a	1.3a	1.4a
密 閉	0	6.5c	4.6c	2.6b	0.5b	0.7b
CO ₂ 施用	0	12.6b	4.9b	4.5a	0.9a	1.2ab

* 異なる文字のついた数字の相互間は5%レベルで有意

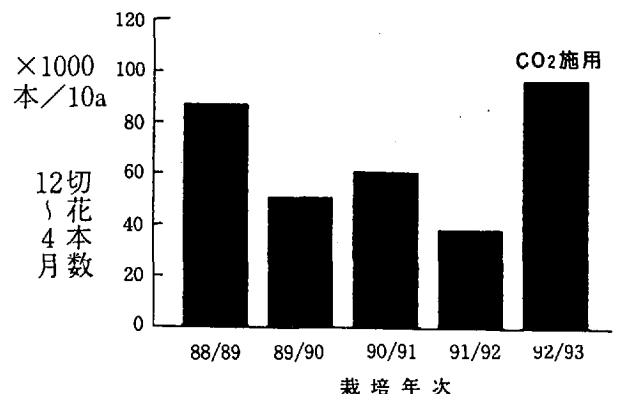
第3表 CO₂施用がバラの時期別刈取り収量に及ぼす影響(試験2)

Table 3. Effect of CO₂ enrichment on each month cropping. (Exp. 2)

品種	処 理	刈取り時期(乾物重) g					合計	増加率 %
		1.11	2.12	3.15	4.12	5.17		
カーディナル	無処理	0	7	12	22	36	77	
	CO ₂ 施用	1	11	27	29	41	109	41.6
ソニア	無処理	13	11	14	23	21	82	
	CO ₂ 施用	19	9	17	37	64	146	78.0
プライダルピンク	無処理	0	14	19	27	41	101	
	CO ₂ 施用	4	9	32	25	74	144	42.6



第2図 CO₂施用による冬期切花長への影響(試験3)
Fig. 2. Effect of CO₂ enrichment on height of cut flower of roses in winter. (Exp. 3)



第3図 CO₂施用による冬期切花本数への影響(試験3)
Fig. 3. Effect of CO₂ enrichment on number of cut flower of roses in winter. (Exp. 3)

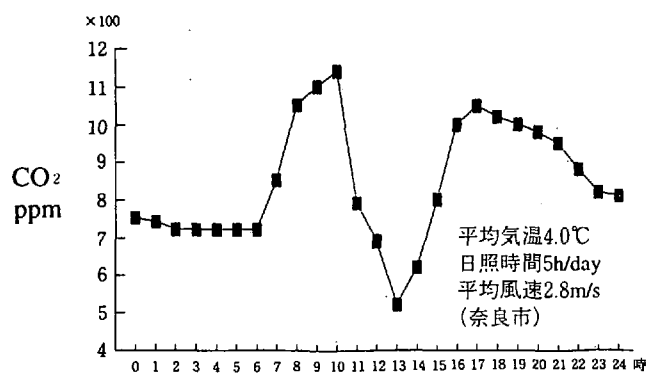
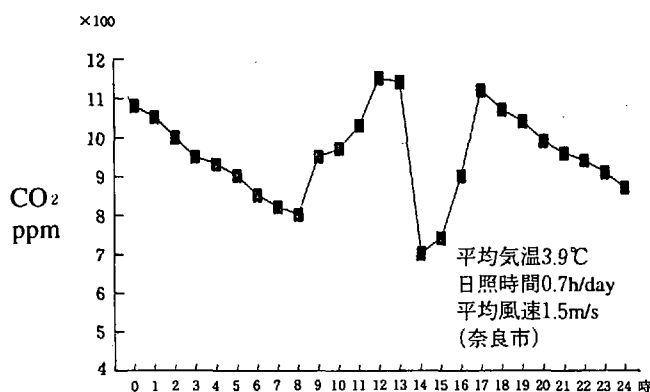
気がほとんど行われない曇りの日のCO₂濃度で、700~1,100ppmで推移し、日中は室温の上昇にともなう換気によってCO₂濃度が低下した。天候のよい時期ほど換気率が増加し、CO₂濃度が低く経過する傾向にあった(第4図右)。

対照温室の11月15日から5月31日までの収量は第5図のように48,149本/10aであったのに対し、CO₂を施用した温室の収量は56,263本/10aであり、収穫本数で17%上回った。さらに切花長別の収量構成では、第6図のようにCO₂を施用することによって3Lおよび2Lサイズの切花の割合が増加した。この期間の実際サイズ別販売単価をかけたあわせて合計すると、CO₂施用温室は対照温室に対して145万円/10a(42%)販売額が増加した。

なお、この期間の灯油使用量は1,380リットル/10aであった。

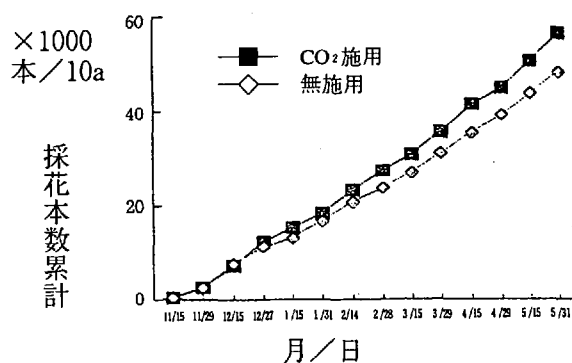
考 察

土耕でのバラ栽培における有機物施用は、土壤の物理性の改良を主たる目的に行われるが、CO₂の供給にも寄与しているものと考えられる。最近では物理性の改良を目的にピートモスが多く用いられているが、ピートモスは分解が遅いためCO₂補給という面では不十分と思われる。本県生産者施設のCO₂濃度を3月上旬15時頃に調査したところ(天窗開度30%程度で少し換気を行っている状態)、十分に有機物の投入された土耕栽培では400~450ppm(大気濃度350ppm)であった。これに対し、有機物の施用が少ない土耕栽培では190~230ppm、ロックウール栽培では180ppmであった。したがってロックウール栽培や有機物施用の少ない土耕栽培では冬期の収量増加にCO₂施用が有効



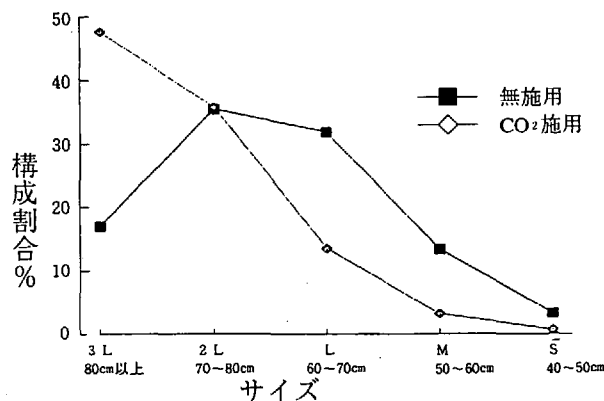
第4図 改造石油ファンヒーターでのCO₂施用によるCO₂濃度の推移(試験4)

Fig. 4. Change of CO₂ concentration in glass house enriched CO₂ by remade kerosene heater. (Exp. 4)



第5図 改造石油ファンヒーターによるCO₂施用がバラの切花本数に及ぼす影響(試験4)

Fig. 5. Effect of CO₂ enrichment by remade kerosene heater on number of flower of roses. (Exp. 4)



第6図 改造石油ファンヒーターによるCO₂施用がバラの切花長に及ぼす影響(試験4)

Fig. 6. Effect of CO₂ enrichment by remade kerosene heater on constitution of height of roses cut flower. (Exp. 4)

であると思われた。矢吹・今津は、トマトのれき耕栽培施設のCO₂濃度が、同じ規模の土耕栽培よりも低く、正午前後には70ppmまで低下したと報告している⁸⁾。試験1では、試験期間中のCO₂濃度が3,000~5,000ppmと非常に高く、根圏への有機物の影響がほとんどない状態であったにもかかわらず生育が非常に良かった。これらのことから、有機物の施用効果の大半がCO₂の補給にあると推定された。したがって、CO₂の補給については分解性の高い資材の方がよいと考えられる。川島はCO₂を施用しているレタスの施設栽培土壌に稲わらを投入したが、CO₂濃度は上昇したものの投入量の多い区で初期生育がおもわしくなかった⁹⁾。これは未熟有機物の直接投入による窒素供給の低下と考えられる。したがって未熟有機物の土壌への直接投入は難しいが、根圏と分離すればCO₂施用への可能性も十分考えられる。なお、試験3の冬期CO₂施用量は4,800kgであり、同量のCO₂を有機物で積極的に発生させるためには乾燥セルロースで10a当たり3,000kg程度必要になる。

我が国ではバラのCO₂施用について十分な効果が認められていなかったが、本試験によってCO₂の施用効果が非常に高いことが明らかになった。しかし、神奈川園試で行われた試験では‘ソニア’、‘カールレット’で効果が得られず、‘ブライダルピンク’、‘パサディナ’で若干の効果が得られた程度であった⁷⁾。温暖で光線量が豊富な太平洋岸では、換気率が高いために十分な効果が得られなかったものと思われる。試験2の結果では、‘ソニア’で乾物生産量が70%増加し、試験3では切花本数と切花長の明らかな増加が認められている。したがって、本県の気象条件はCO₂施用に適しており、バラ栽培だけでなく施設園芸全体が、CO₂施用によって気候条件を克服し、発展できるものと期待される。

試験3では芽の整理をしないで、切り下げによって切花本数のコントロールを行いながら品質を維持することが可能であった。CO₂施用によって仕立て本数を多くすると過繁茂状態になり、試験2のように生育に波ができ、品質が低下する恐れがある。常に光線を効率よく利用するためには開花を集中させない管理方法が必要である。切り下げによる採花では、切る前から生育し始めている芽や、ほう芽の遅れる芽があり、ほう芽がそろわない。これによりかえって収量や品質に波が少な

くなるので、切り下げ採花はCO₂施用に適した管理方法と考えられる。樹高低下により株もとに光線がよく当たり、ベーサルシュートの発生も助長されるので生産力の低下した古いシュートの更新ができる。展開後100日以上経過した古い葉はあまり光合成を行っていないし⁶⁾、CO₂の連続施用によっても株の光合成能力は低下しないので²⁾、若い葉があれば古い葉が減少しても生育への影響が少ない。切花になる若い枝を順次発生させておけば、面積当たりの光合成能力を高く維持できるものと推察される。

試験4では切花長は測定していないが、サイズごとの中間値を切花長に当てはめて試算すると、平均切花長は対照が70cmに対して施用区は78cmと推計された。試験3以上に切花長の増加にCO₂施用効果が表れており、ほう芽数の管理によって切花長および収量のどちらにCO₂施用効果の重点を置くかコントロールすることが可能と思われた。

Jiaoらのデータ¹⁾によれば、CO₂を1,000ppmで施用するのであれば、気温を下げるために換気を行ってCO₂濃度を350ppmに下げるよりも、高温のままCO₂を施用する方が光合成量が高い。高温で管理することによって密閉できる時間が長くて、CO₂を長時間、高濃度で維持できるために収穫本数をより多くすることが可能である。しかし、栽培試験の結果では、換気温度を上げると花蕾が小さくなった。夜温を下げることによってある程度これを防ぐことが可能であるが、換気率や夜温の低下は湿度の上昇により花卉に灰色カビ病の発生を助長する。したがって換気温度は28~30℃が適当であると判断される。ただし株の養成のように切り花を行わない場合には35℃まで気温が高くなってもCO₂を施用する方が有利であると推察される。

液化CO₂によるCO₂施用は、安全であり、熱を発生しないのでCO₂施用時間も長く、正確に濃度をコントロールできる。しかし、ガスそのものの価格が高く、十分な経済性が確認されていないと導入が難しい。LPガスによるCO₂施用は、液化CO₂と同様にCO₂濃度に応じてオン・オフ制御が可能であり、小規模施設での使用に適し、液化CO₂によるCO₂施用よりも経済性が高い。ただ使用に際してはガス事故の危険性などに配慮する必要がある。一方、従来の灯油燃焼によるCO₂発生装置は2万kcal/h程度と大型であり、小さい施設

や種々の大きさの施設に対応することが難しく、濃度をオン・オフ制御しようとするると不完全燃焼によるエチレン発生危険性も高くなる。今回試作した灯油によるCO₂発生装置は1台3a程度の規模に対応でき、照度センサーによって自動的に作動し、連続運転することで着火および消火時のエチレン発生も少ない。また、照度センサーの受光量を調節することによって、雨天のように光線量が大きく低下するときは自動消火でき、CO₂濃度の極端な上昇を抑制することが可能である。複数台設置する施設であれば、一台ごとに受光量を調節することによって、より正確に濃度を制御することが可能になるものと思われる。さらに外部タンクへ定期的に燃料を補給してもらえば自動給油により給油労力も不要である。

施用に必要なランニングコストのみを比較すると、3,000kg/10aのCO₂を発生させるためには液化CO₂は30万円、LPガスで15万円、灯油で4.8万円と大きな差がある。装置とメンテナンスのための費用を想定しても、灯油によるCO₂施用の経済性が最も高いと思われる。

摘 要

バラに対するCO₂の影響を調べ、経済性の高いCO₂施用技術について検討した。

1. 密閉した部屋で有機物資材としての稲わらからCO₂を発生させ、このCO₂が生育に大きく影響することを確認した。
2. CO₂を施用している施設内で苗を栽培し、生育した部分を毎月刈り取り、CO₂施用によるみかけの光合成量を測定したところ、CO₂施用によって40~70%乾物重量が増加した。
3. 4年間栽培している株へのCO₂施用による切花本数および切花長への影響を調べた。その結果12~4月の切花本数が63%増加し、切花長も長くなった。
4. 経済栽培を行っている施設へ改造石油ファンヒーターによるCO₂施用を行い、収量や品質および経済性について調べた。その結果、大きいサイズ^oの切花割合が増加し、11月中旬から5月までの販売額が42%増加した。

謝 辞

本研究を行うに当たり、LPガスのCO₂施用装置の設置について農業試験場の山本英雄総括研究員(現吉野地域農業改良普及センター)、試験用の石油ファンヒーターの提供と改造を松下電器産業株式会社および同社の内田国明氏に援助していただいた。また現地試験については平群温室バラ組合の奥田兼一氏に施設を提供していただいた。ここに記して感謝の意を表する。

文 献

1. Jiao, J., M. J. Tsujita and B. Godzinski. 1991. Influence of temperature on net CO₂ exchange in roses. *Can. J. Plant Sci.* 71:235-243.
2. Jiao, J., M. J. Tsujita and B. Godzinski. 1991. Influence of radiation and CO₂ enrichment on whole plant net CO₂ exchange in roses. *Can. J. Plant Sci.* 71:245-252.
3. 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.
4. 川島信彦 1991. 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. *奈良農試研報*, 22:65-72.
5. 川島信彦・山本英雄・黒住 徹・谷川賢剛・田中良弘 1993. 施設内におけるCO₂施用に関する研究(第4報)果菜類の生育に対する効果. *奈良農試研報*, 24:25-30.
6. Lieth, J. H., C. C. Pasion. 1990. A model for net photosynthesis of rose leaves as a function of photosynthetically active radiation, leaf temperature, and leaf age. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(3):486-491.
7. 田中千恵・林 勇・水野信義・山崎和雄・山田尚雄 1991. 神奈川県における温室バラの炭酸ガス施用に関する研究. *神奈川園研報*, 41:7-17.
8. 矢吹万寿・今津 正 1965. ガラス室の炭酸ガス濃度について. *農業気象* 20(4):125-129.