

バラにおける換気抑制条件下での炭酸ガス施用の効果^{†1}

貫井秀樹¹⁾・外岡慎²⁾・本間義之¹⁾

¹⁾農林技術研究所本所, ²⁾経済産業部地域農業課

Effect of CO₂ Enrichment in Rose Cultivation under Semi-Closed Management

Hideki Nukui¹⁾, Makoto Tonooka²⁾ and Yoshiyuki Homma¹⁾

¹⁾Shizuoka Res. Inst. Agric. and For., ²⁾Shizuoka Pref. Office, Region. Agric. Section

Abstract

For effective and efficient CO₂ application in rose cultivation, the effect of the light intensity and CO₂ concentration on the photosynthetic rate of a recent rose cultivar 'Samurai'⁰⁸ and the diffusion behavior of applied CO₂ in a greenhouse was investigated. Additionally, the effect of CO₂ enrichment in rose cultivation under Semi-Closed Management using heat-pump cooling was studied. The light saturation point of 'Samurai'⁰⁸ was 1000 μmol/m²/s. The CO₂ concentration suitable for rose cultivation was considered to be 500 ppm (weak light condition) to 1000 ppm (strong light condition). CO₂ applied in a greenhouse diffused rapidly in the horizontal direction. However, vertical distribution of CO₂ concentration varied depending on the application methods. CO₂ applied by burning fossil fuel tended to move to the upper area of the greenhouse and was strongly affected by ventilation. CO₂ applied by liquid CO₂ tended to remain in the lower area of the greenhouse. Quality of cut rose 'Samurai'⁰⁸ was improved by the long-time CO₂ enrichment under Semi-Closed Management using the heat pump cooling in winter.

キーワード：光合成特性, 二酸化炭素, ヒートポンプ, CO₂

I 緒 言

バラやガーベラ等, 静岡県内施設花き栽培において, 施設内の炭酸ガス濃度を高めて収量, 品質を向上させる炭酸ガス施用技術の導入が進んでいる. 炭酸ガス施用には生ガス(液化炭酸ガス)と燃焼式が使われているが, 生ガスの価格が高いため, 冬季に補助暖房も兼ねて燃焼式の方が多く使われてきた²⁾.

炭酸ガス施用自体は, 県内でも過去にも取り組まれたことがあったが, 施用方法が生産者によって異なり効果ははっきりしない, 炭酸ガス濃度が分からないので施用基準が不明などの理由で, 一旦導入した装置が使われなくなるが多かった. 静岡県は日射量が多く, 冬期で

あっても晴天時には換気が必要であり炭酸ガスを施用できる時間が限られることも, 炭酸ガス施用の効果ははっきりとしなかった要因の一つと考えられる³⁾. 炭酸ガスを効果的, 効率的に施用するためには, 施設内の炭酸ガス濃度を可能な限り長期・長時間, 適切な濃度に維持することが欠かせない.

バラにおける炭酸ガス施用の報告は, 古くは‘カリナ’⁷⁾, 最近では‘ローテローゼ’⁹⁾, ‘アヴァランチェ’⁴⁾等, 様々な品種で報告されている. 赤のスタンダードの主力品種が‘ローテローゼ’から‘サムライ⁰⁸’に替わったことから, 本品種の栽培に当たり炭酸ガス施用の効果の検証が求められている.

そこで, 本研究では, バラ品種‘サムライ⁰⁸’栽培の基礎資料とするため, 光合成特性, 温室内における炭酸

^{†1} 本研究の一部は, 園芸学会東海支部研究発表会・シンポジウム(2015年8月, 岐阜大学)において発表した.

^{†2} 静岡農林技研(2015):平成25年度試験成績

ガスの挙動を明らかにするとともに、本県バラ栽培での冬季暖房の省エネ対策として広く導入されているヒートポンプを活用し、換気抑制条件下での炭酸ガスの施用時間延長による効果について調査したので報告する。

Ⅱ 材料及び方法

1. バラの光合成曲線

光合成速度は、農林技術研究所内フェンロー型ガラスハウス内でフェノール発泡樹脂と底面給液容器を用いアーチング栽培したバラ‘サムライ[®]’（2011年2月定植）を対象に、光合成測定装置（LI-COR, LI-6400）を用いて2013年5月14日から16日に測定した。測定には、蕾が肥大し、がくが開裂した段階の採花枝の、上から13番目の5枚葉の先端の葉を用いた。

光-光合成曲線は、光合成光量子束密度（PPFD）を0, 20, 40, 60, 80, 100, 250, 500, 1000, 1500, 2000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ とした時の光合成速度を、炭酸ガス-光合成曲線は、100, 250, 500, 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の各 PPFD において、炭酸ガス濃度を0, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 1500, 2000 ppm にした時の光合成速度を測定した。葉面温度 25°C 、相対湿度と光-光合成曲線作成時の炭酸ガス濃度はなりゆきとした。

2. 温室内の炭酸ガス分布

温室内炭酸ガス濃度の水平分布は、掛川市内のバラ生産者ハウス（屋根型鉄骨硬質フィルムハウス（間口20m、奥行50m、単棟、1000 m^2 、ロックウール栽培、地面被覆なし）で、2014年3月1日から11日に測定した。調査対象ハウスでは、午前7時45分から午後3時45分の間、15分間隔で燃焼式炭酸ガス発生器（フルタ電気、Z06036）を稼動して炭酸ガスを施用し、日中は換気状況により炭酸ガス発生器を停止した。炭酸ガス濃度は、ハウス内5地点の地上150cmの高さに温・湿度・ CO_2 データロガー（T&D, TR-76Ui）を設置し、5分間隔で測定した（図1）。

温室内炭酸ガス濃度の垂直分布は、農林技術研究所内のガーベラ栽培ハウス（100 m^2 、硬質フィルムハウス、ポット栽培、地面はアグリシートで被覆）で、2014年3月17日（燃焼式）および4月14日（液化炭酸ガス）に測定した。燃焼式による炭酸ガス施用は、炭酸ガス発生器（ダイニチ、RA-434K）を設定温度 40°C で運転することにより行った。液化炭酸ガスによる施用は、燃焼式炭酸ガス発生器のガス噴出口と同じ高さになるよう地面に設置したボルナドファンにホース口を接続し、流速 $7.5 \text{ L}/\text{分}$ で施用した。炭酸ガス濃度は、ハウス中央部の高さ20、

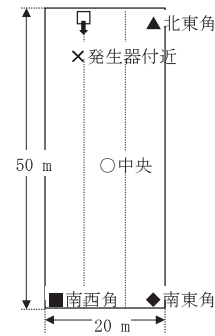


図1 炭酸ガス濃度水平分布調査温室の概要

発生器は北側の西寄りに、南向きで設置。炭酸ガス濃度は、○、▲、◆、■、×の5か所（地上150cm）で測定。

60, 100, 150, 250 cm の地点に温・湿度・ CO_2 データロガー（T&D, TR-76Ui）を設置し、5分間隔で測定した（図2）。測定中、側窓は閉切り、天窗および内部被覆は適宜開閉した。

3. バラ栽培におけるヒートポンプ日中冷房運転による換気抑制条件下での炭酸ガス長時間施用

試験には、農林技術研究所内硬質フィルムハウス内に設置した同型のミニハウス（床面積28.8 m^2 、表面積73 m^2 、容積63 m^3 ）3棟を用いた（図3）。棟ごとに炭酸ガス施用条件を変え、ヒートポンプの冷房運転により換気を抑制し炭酸ガスを長時間施用した「終日施用区」、日中の換気が想定される時間帯に炭酸ガス施用を休止する「朝夕施用区」、炭酸ガスを施用しない「無施用区」を設けた。

底面給液容器とフェノール発泡樹脂培地を用いアーチング栽培したバラ‘サムライ[®]’（2013年3月定植）を2013年12月10日に一斉折り曲げし、同日から2014年3月11日まで、炭酸ガスを施用した。

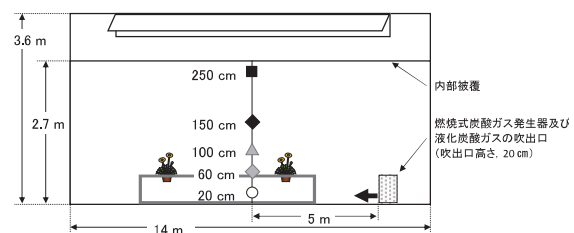


図2 炭酸ガス濃度垂直分布調査温室の概要

炭酸ガス濃度は、温室中央（地上20~250cm）で測定。

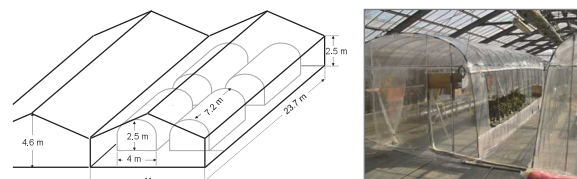


図3 試験に用いたミニハウス

左、ミニハウスの概要；右、試験の様子

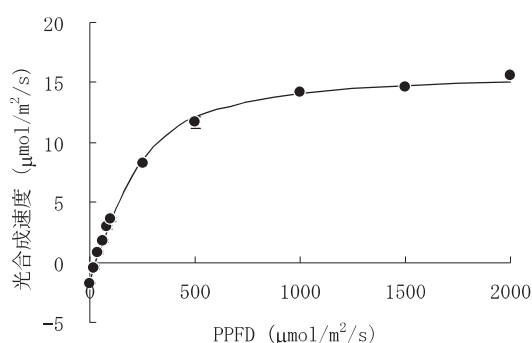


図4 バラ‘サムライ[®]’の光-光合成曲線

炭酸ガス濃度,370ppm; 相対湿度,44~67%. 値は平均値±標準誤差 (n=3)

炭酸ガス施用には液化炭酸ガスを用い、換気の有無に関わらず、棟ごとに設定した時間帯に、800~1200 ppmになるようミニハウス全体に施用した。「終日施用区」では、ヒートポンプ（ダイキン、AN56MKPP、2.3馬力相当）を用い、設定温度23℃で終日冷房運転し、6時30分から17時まで炭酸ガスを施用した。「朝夕施用区」は、ヒートポンプによる冷房は行わず、6時30分から10時30分までおよび14時30分から17時まで炭酸ガスを施用した。「無施用区」を含む全てのミニハウスを換気温度27℃、暖房温度17℃とした。

ミニハウス内の気温、相対湿度、炭酸ガス濃度は、ミニハウス中央（高さ100cm）に設置した温室環境記録装置（誠和、プロファイnder）により1分間隔で記録した。終日施用区のヒートポンプの消費電力は、簡易電力ロガー（オムロン、ZN-CIX21）を用いて測定した。終日施用区および朝夕施用区の液化炭酸ガス供給時間は、タイムカウンタ（オムロン、H7ET-N）を用いて1日ごと記録した。

炭酸ガス施用期間中に収穫できた一番花（2014年1月15日~3月3日収穫）について、切花長、切花重、節数、莖径（上から5節目中央部）、葉面積（上から5枚目の複葉）を調査した。炭酸ガス施用終了後に収穫が始まった二番花（2014年3月13日~4月30日収穫）は、収穫本数のみ調査した。

III 結 果

1. ‘サムライ[®]’の光合成特性

アーチング仕立てで栽培したバラ‘サムライ[®]’個葉の光合成速度は、炭酸ガス濃度370ppm、葉面温度27℃の時、PPFDが500 μmol/m²/sまでは光強度の増加に伴い

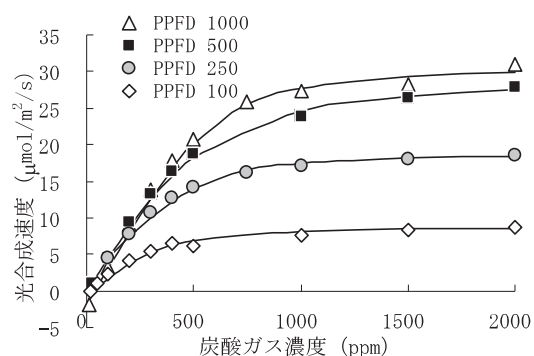


図5 バラ‘サムライ[®]’の炭酸ガス-光合成曲線

PPFD, 100, 250, 500, 1000 μmol/m²/s 相対湿度, 59-80%

急激に増加し、その後増加程度は緩やかになり、1000 μmol/m²/sで飽和した（図4）。

100, 250, 500, 1000 μmol/m²/sの各PPFDにおける炭酸ガス-光合成曲線を作成した結果、PPFDが250 μmol/m²/s以下では500ppm程度まで、PPFDが500 μmol/m²/s以上では800ppm程度までは炭酸ガス濃度の増加に伴い光合成速度は急激に増加し、その後増加程度は緩やかになった（図5）。光合成速度は、250 μmol/m²/s以下のPPFDでは、1000ppm程度で飽和し、500 μmol/m²/s以上では、2000ppmでも飽和しなかったが、1000ppm以上での光合成の増加程度は小さかった。

2. 温室内の炭酸ガス分布

炭酸ガス濃度の水平分布を調査した生産者ほ場における炭酸ガスの施用時間帯は、天候により、終日無施用、午前9時から午後1時まで施用、日中施用停止等で異なった。第6図に、施用時間帯がほぼ同じであった3月6日~3月9日における時刻別の平均値を示した。この期間、8時~10時までは灯油燃焼式炭酸ガス発生器の稼働により温室内の炭酸ガス濃度が高まり、その後、発生器を停止し換気したため炭酸ガス濃度が低下、15時前後から再度発生器を稼働し炭酸ガス濃度が高まった。

各測定位置の炭酸ガス濃度は100ppm程度のばらつきがあったものの、場所により濃度が上がりにくい等の一定の傾向は見られなかった。各測定日の発生器稼働時間帯のハウス内炭酸ガス濃度は800~1200ppm程度に維持された（データ略）。各地点の炭酸ガス濃度がピークになるタイミングの時間差は10分以内で、測定位置による一定の傾向は見られなかった（データ略）。

炭酸ガス濃度の垂直分布は、天窓換気の有無および炭酸ガス供給源により異なった。内部被覆を展張した状態で燃焼式炭酸ガス発生器を運転すると、各測定位置の炭

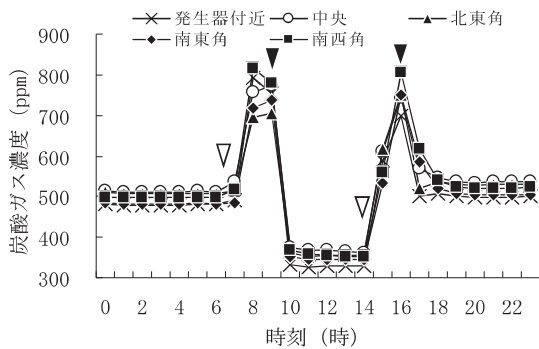


図6 燃焼式炭酸ガス発生器稼働温室内の炭酸ガス濃度の水平分布

測定高さ, 地上150cm. 値は2014年3月6日~9日の時刻別平均値.

▽, 炭酸ガス施用開始; ▼, 炭酸ガス施用停止

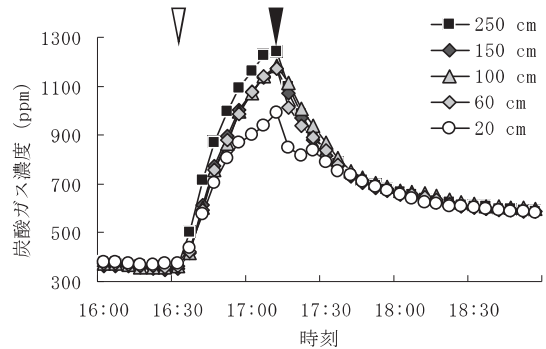


図7 高さ別の炭酸ガス濃度(燃焼式, 内部被覆展開時)

▽, 炭酸ガス施用開始; ▼, 炭酸ガス施用停止. 調査日, 2014年3月17日.

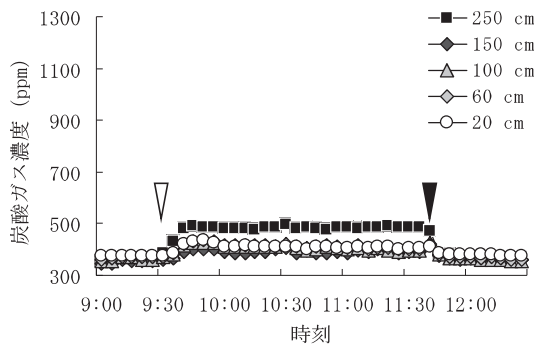


図8 高さ別炭酸ガス濃度(燃焼式, 天窓開放時)

▽, 炭酸ガス施用開始; ▼, 炭酸ガス施用停止. 調査日, 2014年3月17日.

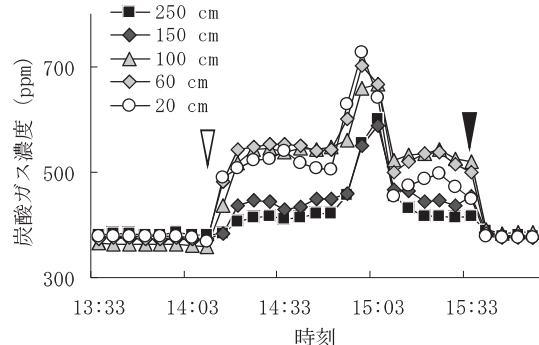


図9 高さ別炭酸ガス濃度(液化炭酸ガス)

▽, 炭酸ガス施用開始; ▼, 炭酸ガス施用停止. 調査日, 2014年4月14日.

酸ガス濃度は運転停止時まで上昇し続けた. 運転停止時の炭酸ガス濃度は, 測定位置により異なり, 地上250cmで高く, 地上20cmで低かった(図7).

また, 天窓および内部被覆が開いた状態で燃焼式炭酸ガス発生装置を運転すると, 各測定位置の炭酸ガス濃度は運転開始後上昇するが僅かであり, 地上250cmの濃度は500ppm程度, 植物群落のある150cm以下では大気並みの400ppm程度の一定濃度で推移した(図8).

一方, 液化炭酸ガスによる炭酸ガス施用では, 燃焼式の場合と異なり, 天窓の開閉に関わらず150cm以上の高さよりも植物群落のある100cm以下で炭酸ガス濃度が高く推移した(図9).

3. 換気抑制条件下での炭酸ガス長時間施用の効果

試験期間の温湿度はいずれの区も概ね同様に推移した(図10左上, 右上). 無施用区では炭酸ガスを施用しなかったにも関わらず炭酸ガス濃度が6時以降増加し始め7時台には平均546ppmまで上昇したが, それ以外はほぼ設

定どおりに施用でき, 12月中旬から3月上旬まで目標濃度で施用できた(図10左下, 右下).

終日施用区では, 換気温度を27°C, 日中ヒートポンプ冷房を23°Cとし換気抑制を試みた. 1月には, ほぼ終日閉め切ることができたが, 2月以降は完全に閉め切ることができなかったため, 炭酸ガス供給時間は, 2月上旬までは3.1~3.7時間だったものが2月下旬は5.2時間/日, 3月上旬は4.6時間/日と, 急増していた(図11). 一方, 朝夕施用区の炭酸ガス供給時間は, 試験期間を通して2.5~3.3時間/日ではほぼ安定していた. なお, 終日施用区の日中ヒートポンプ冷房に要した消費電力は2013年12月10日~翌3月13日の3か月で61.9kWhだった.

炭酸ガスの終日施用により, バラ‘サムライ[®]’の生育は著しく促進された(図12表1). 炭酸ガス施用開始と同時に一斉折り曲げし, その後収穫された一番花は, 炭酸ガス終日施用により, 切り花長が長く, 茎が太く, 葉が大きくなり, 切花重が増加した(表1, 図13). 朝夕施用区が一番花は, 終日処理と無施用の中間のサイズ

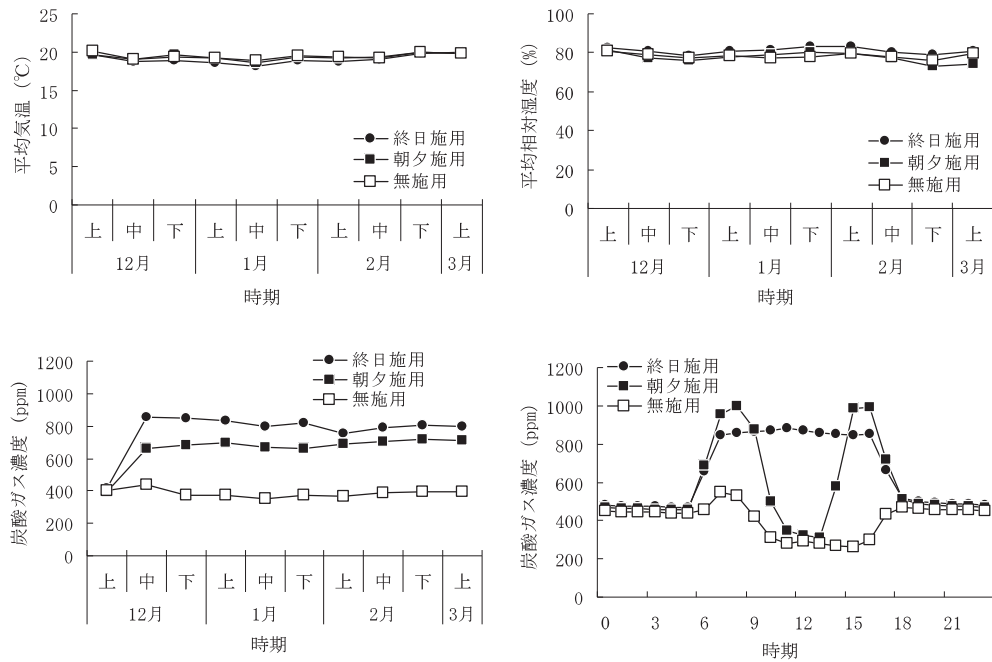


図10 栽培期間におけるミニハウス内環境

左上, 平均気温の推移; 右上, 平均相対湿度の推移; 左下, 炭酸ガス濃度 (6時30分から17時の平均値) の推移; 右下, 時刻別炭酸ガス濃度 (集計期間, 2014年1月

1日~31日)

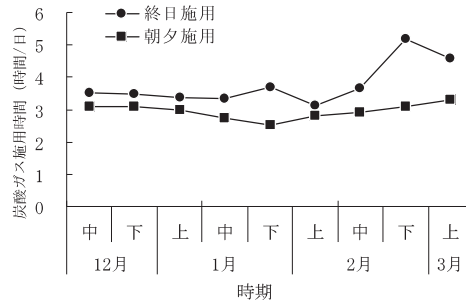


図11 栽培期間中の液化炭酸ガス供給時間の推移

となった (表1) . 一番花の株当たり収穫本数は, 無施用区が1.7本, 終日施用区と朝夕施用区が1.9本, 二番花は無施用区が1.3本, 終日施用区と朝夕施用区が1.6本と, 炭酸ガス施用の影響は現れなかった (表2) .

IV 考察

1. ‘サムライ⁰⁸’の光合成特性

バラの光合成特性については, ‘カリナ’ (光-光合成曲線, 温度-光合成曲線) ⁷⁾, ‘アヴァランチュエ’ (炭酸ガス-光合成曲線) ⁴⁾, ‘ローテローゼ’ (温度-光合成曲線) ⁹⁾で報告されている. 本研究では, ‘ローテローゼ’に代わり赤の主力品種となった‘サムライ⁰⁸’を用いて, 光-光合成曲線と炭酸ガス-光合成曲線を作成した.

本研究では, 光-光合成曲線をPPFDとの関係で示したのに対し, ‘カリナ’では照度との関係を示しているため単純な比較はできないが, 両品種の曲線の形は概ね一致し, 光飽和点は‘カリナ’では50klux, ‘サムライ⁰⁸’では1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ だった. 2013年に測定した磐田市の冬季の屋外PPFDは, 晴天日の正午で1300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 程度 (1月), 曇雨天日は150~350 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 程度 (2月)であり (データ省略), ‘サムライ⁰⁸’個葉の光飽和点が1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ であることから, 適切な気温を維持できる範囲で, できるだけ遮光しないことも光合成促進につながるものと考えられる.

熊崎ら⁴⁾は, ‘アヴァランチュエ’の炭酸ガス-光合成曲線を作成し, PPFDが200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以下の弱光条件下では炭酸ガス濃度を高めても光合成速度の増加量が少ないこと, 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上の強光条件下では, 炭酸ガス濃度を



図12 炭酸ガス施用開始7週間後のバラ‘サムライ⁰⁸’の様子

左, 終日施用; 右, 無施用. 撮影日, 2014年1月27日

表1 炭酸ガス施用がバラ‘サムライ⁰⁸’の切り花品質に与える影響

処理区	切花長 (cm)	切花重 (g)	節数 (節)	茎径 (mm)	葉面積 (cm ²)	花弁数 (枚)	花蕾長 (cm)	到花日数 (日)
終日施用	109.0 a	88.0 a	18.2 a	6.5 a	154.9 a	43.5 a	4.7 a	60.6 a
朝夕施用	93.4 b	64.1 b	16.9 a	5.5 b	138.9 a	41.4 a	4.8 a	58.1 a
無施用	85.8 b	53.8 b	16.4 a	5.3 b	116.8 b	40.5 a	4.8 a	59.7 a

* 炭酸ガス施用期間, 2013年12月10日~2014年3月11日; 調査対象, 2014年1月15日~3月3日までに収穫された切り花 (一番花)

** Tukey検定により同一アルファベット間には5%水準で有意差なし

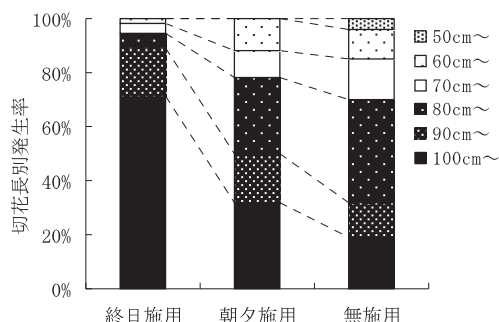


図13 炭酸ガス施用がバラ‘サムライ⁰⁸’の切花長別発生率に及ぼす影響

調査対象, 2014年1月15日~3月31日までに収穫された切り花 (一番花)

高めるほど光合成速度が増加し, 特に炭酸ガス濃度 400~800 ppm の間で急激な増加がみられたことから, 冬季バラ栽培における炭酸ガス施用は日射の多い時間帯を中心に, 温室内炭酸ガス濃度を 800 ppm 以上に高めるのが効果的であるとしている. 本研究で得られた炭酸ガス-光合成曲線によると, ‘サムライ⁰⁸’では PPFD が 250 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 程度の弱光時にも 500 ppm までは炭酸ガス施用の効果が見られ, PPFD が 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上の強光時には 1000 ppm まで炭酸ガス施用による光合成速度の増加程度が大きかったことから, 晴天時には 1000 ppm 以下, 曇雨天時には 500 ppm 程度を目安とした炭酸ガス施用が効果的であると考えられた.

表2 炭酸ガス施用がバラ‘サムライ⁰⁸’の収穫本数に与える影響

処理区	収穫本数 (本/株) ²		
	一番花 ^y	二番花 ^x	計
終日施用	1.9 a	1.6 a	3.6 a
朝夕施用	1.9 a	1.6 a	3.5 a
無施用	1.7 a	1.3 a	3.0 a

2) Tukey検定により同一アルファベット間には5%水準で有意差なし

y) 収穫期間, 2014年1月15日~3月3日

x) 収穫期間, 2014年3月13日~4月30日

本試験では, 温度と‘サムライ⁰⁸’の光合成速度との関係について調査できなかったが, これまでの報告によれば, 光合成適温域は炭酸ガス施用の有無によって異なり, ‘カリナ’では無施用時に 18~23°C が施用時は 35°C (1500 ppm 施用)⁴⁾, ‘ローテローゼ’では無施用時に 25°C が施用時は 25~35°C (炭酸ガス分圧 1000 Pa)⁷⁾とされている. これらのことから, ‘サムライ⁰⁸’においても, 炭酸ガス施用により光合成適温域が高まると考えられるため, 換気温度を高めることは炭酸ガス施用時間の延長に有効と考えられる.

2. 温室内の炭酸ガス分布

産地に主に導入されている燃焼式炭酸ガス発生器により施用した炭酸ガスの, 温室内での水平および垂直分布について調査した.

水平分布について, 調査対象の温室には循環扇がなく, 燃焼式炭酸ガス発生器の送風のみによる拡散であったが, 測定位置による濃度変化のタイムラグは 10 分以内であり, 施用した炭酸ガスは温室全体に, 比較的速やかに拡散し

ていると考えられた。測定位置による炭酸ガスの濃度差は最大 120 ppm 程度と実用上問題になるレベルではなかったが、循環扇の利用は炭酸ガスの拡散がより速やかになるため、均一な施用のために循環扇の活用が望まれる。

一方、炭酸ガス濃度の垂直分布には、炭酸ガスの施用方式による違いが認められた。燃焼式による施用では高所ほど炭酸ガス濃度が高くなった。燃焼式炭酸ガス発生器の吹き出し口付近の温度は 60°C 以上になっており、施用した炭酸ガスは温度が高いため温室上部に溜まりやすいものと考えられた。本研究では天窓外側の炭酸ガス濃度は測定していないが、天窓開放時には、150 cm 以下の高さで炭酸ガス濃度が上がらず、最も濃度の高かった天窓下の 250 cm 地点でも 500 ppm までしか上がらなかったことから、施用した高温の炭酸ガスは天窓から屋外に逃がっているものと推察された。このため、燃焼式炭酸ガス発生器の稼働時には天窓を閉鎖しておく必要があることが改めて確認された。

液化炭酸ガス施用では、燃焼式とは逆に、100 cm 以下で濃度が高く維持された。密閉時に比べ天窓開放時に炭酸ガス濃度が低下していることから、液化炭酸ガスによる施用でも内外濃度差により拡散することが確認されたが、施用したガスが高温でないため上部には移動しにくいと考えられる。気温が高く天窓が開いた状態では液化炭酸ガスによる施用が効果的であると考えられた。

3. 換気抑制条件下での炭酸ガス長時間施用の効果

日射が強く冬期でも換気が必要な本県で、より長時間炭酸ガスを施用できる技術として、ヒートポンプの日中冷房による換気抑制と炭酸ガス施用の組み合わせ処理の効果について検討した。

バラでは様々な品種において炭酸ガス施用の効果が報告されており、『ベタータイムス』⁹⁾、『ソニア』¹⁰⁾、『ルーレット』¹⁰⁾では、炭酸ガス施用により収穫本数と切花長が増加した。本試験の結果は、切り花品質の向上という点ではこれらの報告と一致したが、収穫本数増加効果は認められなかった。田中ら⁹⁾は、『ソニア』など4品種について炭酸ガス処理の効果を検討し、冬季の日照および温度条件に恵まれる神奈川県では『ソニア』、『カールレッド』では効果が見られず、『ブライダルピンク』で切花品質(切花長、切花重の増加)が、『パサデイナ』で収穫本数と切花品質(切花長、切花重の増加)が若干向上しただけであるとしている。二村ら⁹⁾も炭酸ガス施用がバラに与える効果に品種間差を認めており、『マカテナ』、『ローテローゼ』では収穫本数が増加したも

の『パープルフラガンシェ』では収量に大差がなかったとしている。また梶原ら²⁾は、『ローテローゼ』について、10月下旬から5月までの炭酸ガス施用により総切り花本数が増加したものの、収穫開始直後の切り花本数は無施用と同程度であり、収穫開始2ヶ月目以降に切り花本数が増加したことを報告し、初期に施用した炭酸ガスが光合成産物として一度植物体に蓄積され、その後の成育に影響したものと考察している。本試験で用いた『サムライ』⁸⁾では、収穫調査期間が短かったために収穫本数の増加への影響は小さかったが、切花長、切花重への影響は明確であり、より長期の効果を確認すれば明確な収穫本数の増加が期待される。

本試験の終日施用区では、炭酸ガスをより長時間施用するため、ヒートポンプを日中冷房運転して換気を抑制した上で、換気の有無に関わらず設定濃度になるよう液化炭酸ガスを施用した。そのため高温時には換気しながら炭酸ガスを施用することになり、設定濃度を維持するため液化炭酸ガスの供給時間が長くなった。液化炭酸ガスの供給時間から換気状況を判断すると、終日施用区の液化炭酸ガス供給時間が2月下旬以降に急増したこと(図11)から、2月下旬以降は炭酸ガスのロスが多くなったものの、2月中旬までは換気による炭酸ガスのロスを抑え、効率的に炭酸ガスを施用できたと考えられた。なお、炭酸ガスを施用していないにも関わらず無施用区の炭酸ガス濃度が7時~8時台に増加した。これはミニハウスの外側の硬質フィルムハウスを夕方から朝にかけて保温のため閉め切っていたことにより、炭酸ガス施用開始時刻以降、施用区から漏出した炭酸ガスの影響を受けたものと推察される。本試験は、硬質フィルムハウス内に設置したミニハウスという特殊な条件下ではあるが、換気を抑制し長時間施用することで炭酸ガスの施用効果が高まることが明らかになった。

炭酸ガス施用を長期・長時間施用するために高めの換気温度設定¹⁾や、遮光・遮熱資材³⁾など他の技術と組み合わせることで換気を抑制することにより、日射量が多い本県でも炭酸ガスの効果的な施用が可能になり、バラの収量・品質が向上するものと期待される。

V 摘 要

バラ栽培における炭酸ガスの効果的、効率的な施用に資するため、近年の主力赤色バラ品種『サムライ』⁸⁾の光合成特性および施用した炭酸ガスの温室内における挙動を調査するとともに、ヒートポンプを用いた換気抑制

条件下での炭酸ガス長時間施用の効果について検討した。

バラ‘サムライ⁰⁸’の光飽和点は1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ であり、炭酸ガス-光合成曲線から、バラにおける炭酸ガス施用の目標濃度は、250 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以下の弱光時には500 ppm程度、500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上の強光時には1000 ppm以下が適当と考えられた。

燃焼式炭酸ガス発生器により施用した炭酸ガスの温室内での挙動は、水平方向には速やかに拡散し、著しい濃度差は見られなかった。垂直方向の分布は施用方法により異なり、燃焼式炭酸ガス発生器を用いた場合は温室の上部に移動しやすく天窓換気の影響を強く受けた。液化炭酸ガスを用いた場合は、燃焼式炭酸ガス発生器を用いた場合に比べ上部に溜まりにくかった。

冬季に換気を抑制し、長時間の炭酸ガス施用を行うことにより、バラ‘サムライ⁰⁸’の切花品質が向上した。

謝 辞

本研究は「農林水産業・食品産業化学技術研究推進事業24005」により実施した。

引 用 文 献

- 1) Hanan J. J., Holley W. D., Goldsberry K. L. (1978) : Greenhouse Management Springer-Verlag, pp328.
- 2) 梶原真二・島地英夫・石倉聡・原田秀人・福島啓吾 (2010) : 二酸化炭素施与が冬期開花のバラの生産性および形質に及ぼす影響. 近中四農研 16, 37-41.
- 3) 河崎靖・岩崎泰永・安東赫・鈴木真実 (2013) : トマト施設生産におけるCO₂長時間施用のための遮光・遮熱資材の選定. 園学研 12 (別1), 95.
- 4) 熊崎忠・山内高弘・杉山千織・三枝正彦 (2011) : バラ施設栽培における個葉光合成速度による炭酸ガス施用効果の評価. 園学研 10 (別2), 249.
- 5) Lindstrom, R. S. (1965) : Carbon dioxide and its effect on the growth of roses. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87, 521-524.
- 6) 二村幹夫・津田千織・朝倉芳則・大野真奈美・奥村義秀・平野哲司 (2013) : CO₂の効率的施用によるバラ切り花の生産性向上. 園学研, 12 (別1), 513.
- 7) 織田弥三郎 (1979) : 園芸学実験・実習, 養賢堂, pp122-123.
- 8) 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. 神奈川園試研報 41, 7-17.
- 9) 牛尾亜由子 (2008) : バラ同化専用枝葉の光合成能力の発達と維持に関する研究. 花き研報 8, 15-40.
- 10) 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.