

バラ栽培における超微粒ミスト噴霧がCO2施用に及ぼす影響

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
著者名	津田,千織 奥村,義秀 平野,哲司 堀田,真紀子 岩崎,泰永 山口,徳之
発行元	愛知県農業総合試験場
巻/号	47号
巻号補足	
掲載ページ	p. 69-75
発行年月	2015年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



バラ栽培における超微粒ミスト噴霧がCO₂施用に及ぼす影響

津田千織¹⁾・奥村義秀¹⁾・平野哲司²⁾・堀田真紀子¹⁾・岩崎泰永³⁾・山口徳之¹⁾

摘要：本研究ではCO₂施用時に超微粒ミスト噴霧による加湿を行うことが、バラ切り花の収量や品質に及ぼす効果を調査した。超微粒ミスト噴霧により、日中の湿度は平均10%程度高くなり、飽差は超微粒ミストのない条件よりも常に低く維持された。また、超微粒ミストによる換気抑制効果によって、CO₂の使用量は低減した。超微粒ミスト噴霧は気孔開度を大きくし、調査した3品種の切り花本数は、5～19%増加した。超微粒ミスト噴霧の有無で日持ちや養分含有率に差は認められず、超微粒ミスト噴霧はCO₂施用効果を高めるために有効な方法であると考えられた。

キーワード：バラ、CO₂施用、超微粒ミスト、気孔開度、換気抑制

Effects of a Dry Fog System on CO₂ Enrichment in Cut Rose Cultivation

TSUDA Chiori, OKUMURA Yoshihide, HIRANO Tetsuji,
HOTTA Makiko, IWSAKI Yasunaga and YAMAGUCHI Noriyuki

Abstract: In this study, we investigated the influence of humidification by a dry fog system on the yield and quality of cut roses in greenhouses with CO₂ enrichment. The average daytime humidity increased by approximately 10%, with the dry fog system and vapor pressure deficit was always maintained at a lower level than the condition without the dry fog system. By the effect of ventilation control employing the dry fog system, the amount of CO₂ consumption decreased. Humidification using the dry fog system increased the degree of stomatal aperture, and the number of cut roses of three investigated varieties increased by 5-19%. No differences were observed in the vase life and the nutrient content. Therefore, we considered that humidification using dry fog system was an effective tool to increase the effect of CO₂ enrichment.

Key Words: Rose, CO₂ enrichment, Dry fog, Stomatal aperture, Ventilation control

本研究の一部は平成26年度園芸学会東海支部（2013年8月）、平成26年度園芸学会秋季大会（2014年9月）において発表した。

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

¹⁾ 園芸研究部 ²⁾ 園芸研究部（現環境基盤研究部） ³⁾ 国立研究開発法人 農研機構野菜茶業研究所
(2015.9.8 受理)

緒 言

光合成はCO₂と水から有機物を合成する過程であり、その最大化は植物栽培において収量や品質向上につながる。光合成の原料となるCO₂は気孔を通じて植物体内に取り込まれる。その吸収速度は気孔開度の影響を受け、さらに気孔開度は湿度によって大きく変化する。低湿で飽差が高い環境では気孔開度は小さくなり、それによって光合成速度が低下することが知られている^{1, 2)}。植物の栽培において湿度を適切に維持することは光合成を最大化する上で重要である。

また、近年、バラにおいて、ハウス内のCO₂濃度を人為的に高めて収量や品質を向上させるCO₂施用技術の導入が進んでいる。二村ら³⁾は先に、CO₂施用を行うことにより、バラで収量が向上することを報告した。しかし、農家は場では収量・品質の向上につながらない事例も多く、その原因として低湿な環境や、換気によりCO₂を高濃度施用できる時間が短時間に限定されることが想定される。

バラ栽培において、水の粒径が細かく（10数μm）、作物が濡れにくい超微粒ミスト（以下、ミストと表記）はこれまでに夏期高温対策への利用がなされ、降温効果による収量増加が認められているが⁴⁾、加湿や換気抑制を目的とした試験例は少ない⁵⁾。そこで本研究では、湿度制御と換気抑制の両面を目的にミストを用い、温室内環境やバラ切り花の収量と品質に及ぼす影響を調査した。

材料及び方法

試験は、同型のガラス温室（間口7.2 m×奥行13.9 m×高さ4.5 m、面積100 m²、容積350 m³）2棟で実施した。それぞれの温室にミスト噴霧する処理区及び噴霧し

ない対照区の2区を設定した。2013年3月6日から5月7日まで、いずれの区もCO₂施用を行うと共に、処理区ではミスト噴霧を行った。

CO₂施用は、図1のようにCO₂制御盤（CO₂当盤、トヨハシ種苗（株）、豊橋）を用いて制御し、既報⁶⁾を参考に温室内の気温が28℃未満では800 ppm、28℃以上では400 ppmとなるように設定した。CO₂は液化CO₂を使用した。CO₂が温室全体に行き渡るようにポンペに接続したチューブの先端を循環扇裏に固定し、循環扇を稼働させた。施用時間は7～16時までとした。CO₂施用に要したCO₂使用量は、ポンペに接続したマスコントローラーの信号をデータロガー（GL220、グラフテック（株）、横浜）で計測した。

ミストの稼働、停止は農電電子サーモ（日本ノーデン（株）、東京）を用いて温度により制御し、7～16時に25℃以上の時に間欠運転（2013年3月6～18日：稼働1分、停止14分 2013年3月19日～5月7日：稼働1分、停止9分）させた。ミストは、高圧プランジャーポンプとミストノズル（粒径14～16 μm）（NA-50A、なごミスト設計（有）、名古屋）を用い、高さ2 mから噴霧した。ノズルは吐出水量50 mL/min・個で100 m²当たりのノズル数は24個とし、水道水を6 MPaで圧送した。ミストに要した水と電気の使用量は、水道メーター（SD13S、愛知時計電機（株）、名古屋）および電力量計を用いて計測した。

温室の暖房は両区ともヒートポンプと温湯暖房機を併用するハイブリッド方式とし、各機器の設定温度は17℃および10℃とした。換気は天窓のみで行い、設定温度は28℃とした。

温度データロガー（RTR-52A、（株）ティアンドデイ、松本）を用いて作製した通風乾湿計を各区の中央1.5 mの高さに設置し、施設内の気温、相対湿度および飽差を5分間隔で計測した。CO₂濃度は、CO₂濃度測定機（MCH-383SD、（株）佐藤商事、川崎）を各区中央1.2 mの高さに設置し、5分間隔で計測した。

表1 浸潤液の組成

湿潤液No.	I	II	III	IV	V	VI
エチレングリコール	10	20	30	40	50	60
イソブチルアルコール	90	80	70	60	50	40

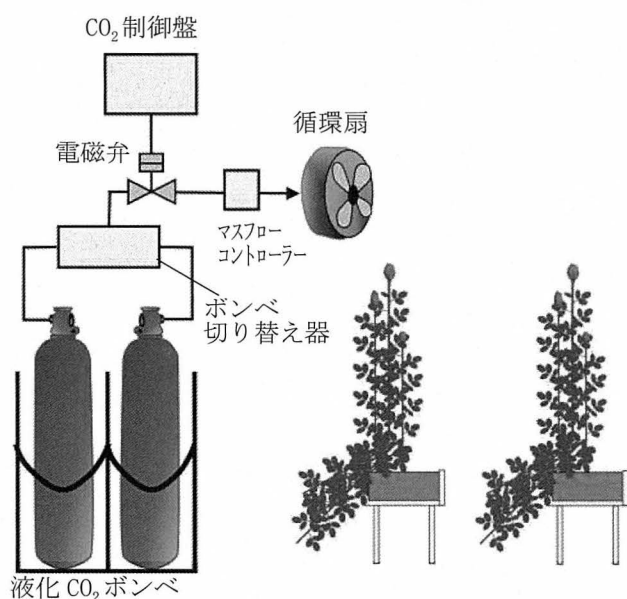


図1 CO₂施用に関わる装置の設置模式図

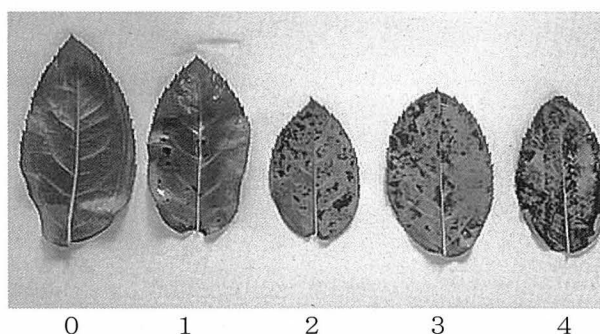


図2 浸潤基準

天窓の開閉については、晴天日である2014年4月1日に上述の試験区と同じ温室において、同様の条件を設定して調査した。天窓に傾斜センサー（D5R-L02-60、オムロン(株)、京都）を設置し、電圧データロガー（VR-71、(株)ティアンドデイ、松本）を用いて5分間隔で計測したデータから、天窓開度を算出した。

供試植物は、バラのスタンダード品種「ローテローゼ」と「パープルフラガンシア」およびスプレー品種「マカレナ」の4年生株（2010年2月定植）を用いた。栽培方式は少量土壌培地耕で、プランター（幅64 cm×奥行23 cm×高さ18.5 cm）当たり5株植えとし、「ローテローゼ」と「パープルフラガンシア」は各区50株、「マカレナ」は各区40株を定植した。培養液は、愛知農総試園研バラ処方（EC1.6 mS・cm⁻¹）を用い、株当たりの日給液量を430 mlとした。株はアーチングに仕立て、2013年3月6日に片側への一斉折曲げ・一斉芽かきを行った。

開花調査は、花の切り前4～5段階⁷⁾で採花した全ての切り花について、切り花長、切り花重、節数、花床から花弁先端までの長さである花高（スプレー品種「マカレナ」は花蕾数）、について行った。

ミスト噴霧がバラの気孔に与える効果については、同じ試験区で栽培するバラのスタンダード品種「サムライ08」（2012年7月定植）を用い、以下のように浸潤法⁸⁻¹⁰⁾により調査した。晴天日である2013年4月8日の14～16時において、茎頂から4～5枚目の5枚葉の先端葉を採取した。採取後直ちに、表1の組成のエチレングリコールとイソブチルアルコールの6種類の浸潤液を葉裏に塗布し、浸潤面積から気孔開度を判定した。まず1つの浸潤液を5枚の葉に塗布し、塗布した部分の浸潤面積の割合で0～4を判定し（図2）、5枚の平均値をxとした。さらに6種の浸潤液について、それぞれの平均値を出し、浸潤液No. Iを気孔開度1、浸潤液No. VIを気孔開度6（表1）としたときの、 Σ （気孔開度×x）/ Σ （気孔開度×4）×100（%）の値を気孔開度指数として算出した¹⁰⁾。

日持ち調査には、2013年4月23日に収穫した切り花を各品種5本供試した。収穫後直ぐに50 cmに調整し、下

から20 cmの葉を除去した後、水道水の入った花筒に1本ずつ生けた。観賞は、平均温度25℃、白色蛍光灯により照度1000 lx、1日12時間（8～20時）照明下で実施した。日持ち終了日は、「切り花の日持ち評価レファレンスマニュアル バラ（スタンダード）」¹¹⁾に従って調査した。

植物体の成分分析には、2013年4月23日に収穫した切り花を各品種3本供試した。採花した切り花を花、茎、葉の3つの部位に分けて通風乾燥し、部位ごとに混合した後、粉碎して分析試料とした。窒素と炭素はCNコーダー（JM1000CN、(株)ジェイ・サイエンス・ラボ、京都）、リンはバナドモリブデン酸法、その他の無機成分は原子吸光分光光度計（Z-5310、(株)日立製作所、東京）を用いて測定した。

試験結果

1 施設環境

(1) 相対湿度

試験期間中（2013年3月6日～5月7日）の8～17時における5分毎の平均相対湿度は、愛知県農業総合試験場園芸研究部花き研究室（愛知県長久手市）の外気において35～60%であり、13～14時に最低となった。処理区は58～83%で推移し、11～15時の間も60%前後で安定していた。一方、対照区は45～70%であり、外気よりは高いものの処理区よりも常に低い値となった。対照区の相対湿度が最も低下した13～14時は、処理区と比べて最大で21%の差があった（図3）。

20～6時の夜間の平均相対湿度は、処理区は78～92%、対照区は74～86%となり、対照区に比べて処理区の方が常に5%程度高かった（図3）。

(2) 飽差

試験期間中の8～17時における5分毎の平均飽差は、処理区は5～16 hPa、対照区は9～25 hPaであり、常に処理区の方が低く推移した。対照区において最も値が高

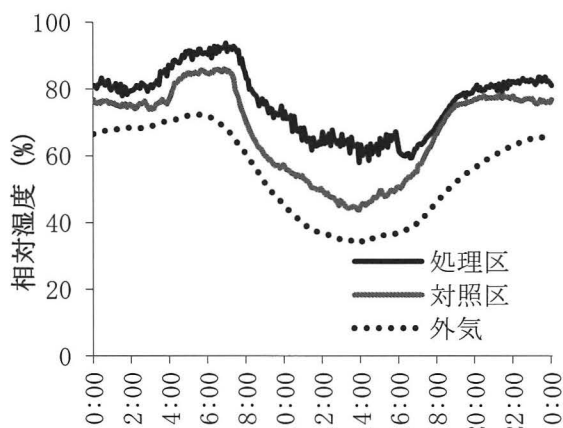


図3 時刻別平均相対湿度

（期間2013年3月6日～5月7日）

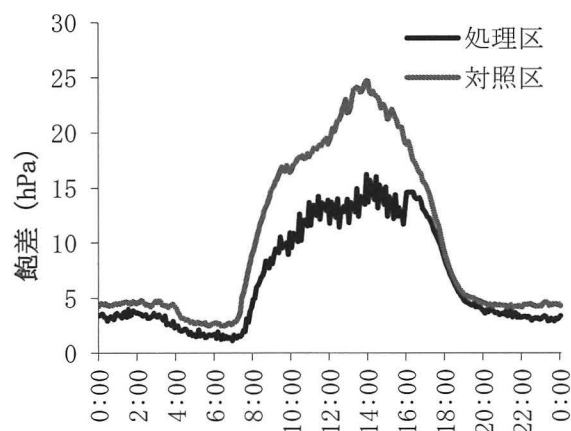


図4 時刻別平均飽差

（期間2013年3月6日～5月7日）

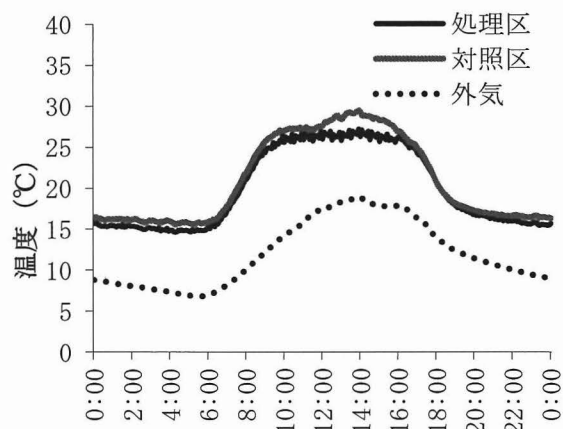
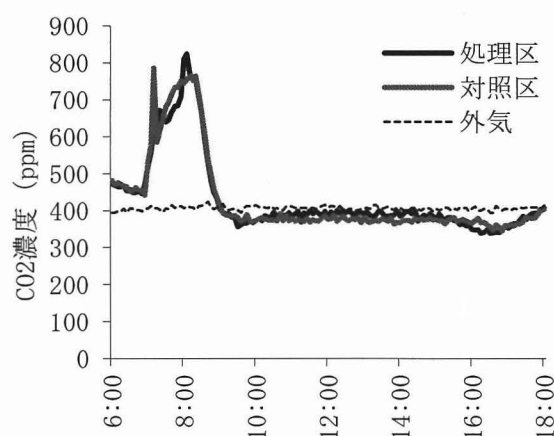
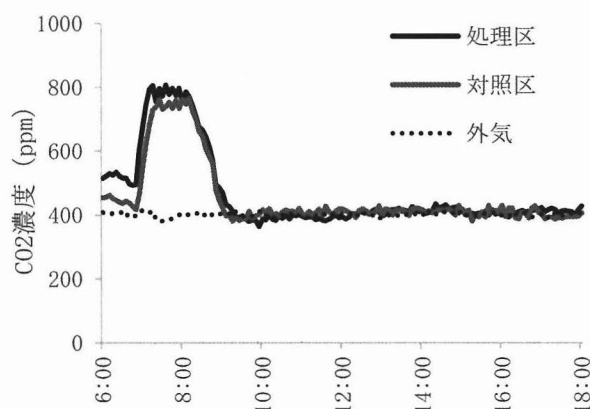
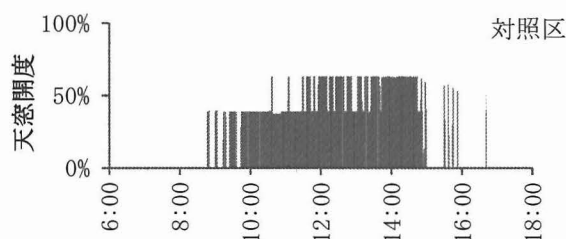
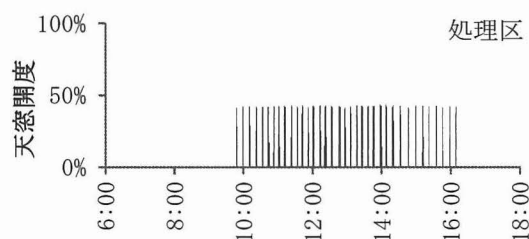


図5 時刻別平均気温

(期間2013年3月6日～5月7日)

図6 晴天日におけるCO₂濃度推移

(2013年3月30日)

図7 晴天日における天窓開度(上図)とCO₂濃度(下図)(2014年4月1日)

かった13～14時は、処理区に比べ最大で11 hPaの差があった(図4)。

(3) 気温

試験期間中の8～17時における5分毎の平均気温は、外気において10～19℃であり、14時に最も高くなった。対照区は、22～30℃となり、外気と同様に14時に最高となった。一方、処理区は21～27℃と常に対照区よりも低く推移し、最大で14時に3℃の差が生じた(図5)。

20～6時の夜の温度は、両区とも15～17℃で推移し、差はほとんどなかった(図5)。

(4) ミスト噴霧に要した水および電気の使用量

100 m²の処理区試験温室において、試験期間中にミスト噴霧に要した水量は3007 Lであり、1日当たり平均

47.73 Lであった。また電気量は18.5 kWhであり、1日当たり平均293.7 Whであった。

(5) CO₂濃度および使用量

晴天日におけるCO₂濃度は、両区共、朝の施用開始以降800 ppmまで高まったが、気温が上昇する日中は換気によって400 ppm前後で推移した。800 ppmから400 ppmに移行する時刻に違いは見られなかった(図6)。

100 m²の試験温室において、試験期間中にCO₂施用に要したCO₂量の合計は、処理区は39360 L、対照区は46420 Lであった。処理区は対照区に比べて1日当たり平均112 L少なかった。

(6) 天窓開度

ミストが天窓開度に及ぼす効果について、換気が開始

表2 CO₂施用下におけるミスト噴霧がバラの収量と品質に及ぼす影響

品種	試験区	切り花 本数(a)	切り花 重(b)	切り花 重(a×b)	切り花長	花高	花蕾 数	節数
		本/株	g/本	g/株	cm	cm		
ローテローゼ	処理区	4.5	34.1	153.3	71.4	4.0	-	10.7
	対照区	4.3	35.2	151.9	75.0	4.2	-	10.8
	t検定 ¹⁾		ns		*	*		ns
マカレナ	処理区	4.0	35.9	142.8	61.8	-	4.1	13.8
	対照区	3.7	34.6	127.9	63.7	-	4.0	13.9
	t検定		ns		ns		ns	ns
パープル フラガンシア	処理区	3.2	50.2	160.7	75.9	4.5	-	14.3
	対照区	2.7	46.6	127.8	77.2	4.4	-	14.6
	t検定		ns		ns	ns		ns

1)*5%水準で有意差あり、ns有意差なし。

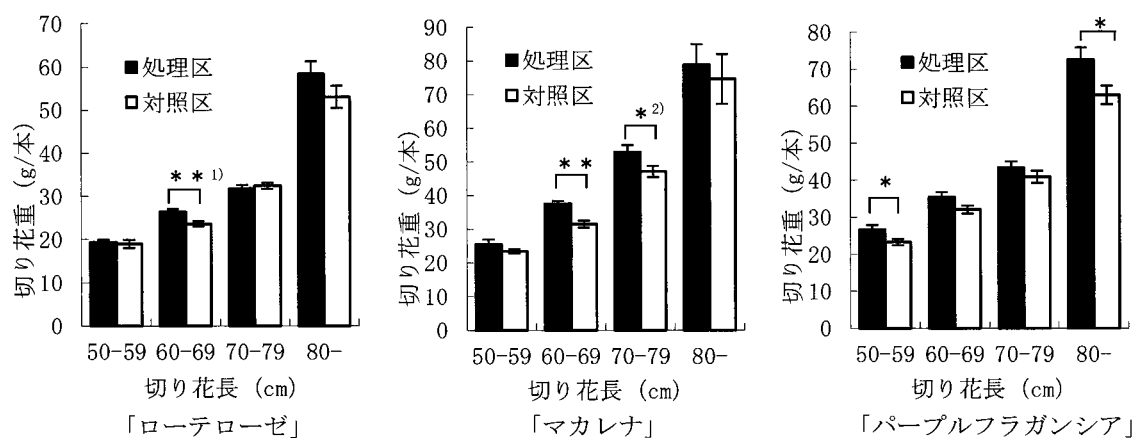


図8 切り花長別切り花重

1)**1%水準で有意差あり、2)*5%水準で有意差あり。

された時刻は、処理区は9時47分、対照区は8時46分であり、ミストにより1時間程度遅くなった。天窓開度は、8～17時の平均値で処理区は7%、対照区は33%であった。また処理区は最大で約40%であったのに対し、対照区は約60%となった(図7)。

調査した2014年4月1日のCO₂濃度は、2013年3月30日のデータ(図6)と同様に、区間による差は見られなかった(図7)。

2 バラ切り花の収量・品質

(1) 切り花収量

試験期間中の切り花本数は、「ローテローゼ」は処理区で225本、対照区で216本、「パープルフラガンシア」は処理区で160本、対照区で137本、「マカレナ」は処理区で159本、対照区で148本であった。

株あたり切り花本数について、調査したいずれの品種においても、処理区の方が対照区よりも多かった。処理区は対照区に比べ、「ローテローゼ」は5%、「マカレナ」は8%、「パープルフラガンシア」は19%と、いずれの品種も増加した(表2)。

また、株あたり切り花重については、処理区は対照区に比べ、「マカレナ」は12%、「パープルフラガンシア」は26%増加したが、「ローテローゼ」はほとんど変わらなかった(表2)。

表3 CO₂施用下におけるミスト噴霧がバラの日持ちに及ぼす影響

(単位: 日)

品種	処理区	対照区	t検定
ローテローゼ	5	5.6	ns ¹⁾
マカレナ	6	6	ns
パープルフラガンシア	4	4	ns

1)ns有意差なし。

(2) 切り花品質

切り花長、節数および花サイズの指標となる花高に関しては、「マカレナ」と「パープルフラガンシア」において、区間で差は認められなかった。しかし、「ローテローゼ」では、処理区は対照区に比べて切り花長は短く、花高は小さかった(表2)。

切り花の長さ別切り花重は、いずれの品種も処理区の方が重くなる傾向がみられ、長さの階級によっては有意差が見られた(図8)。

(3) 日持ち性

処理区と対照区で栽培された切り花を用いて、日持ち性を調査した結果、区間による差はなかった(表3)。

3 バラ切り花の養分含有率

バラ切り花を、花と茎と葉の3つの部位に分け、養分

表4 CO₂施用下におけるミスト噴霧がバラの養分含有率に及ぼす影響

「ローテローゼ」									
試験区	部位	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn
		%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
処理区	花	43.5	2.1	0.2	1.5	0.3	0.1	48.0	38.2
	茎	43.7	1.6	0.3	1.4	0.2	0.1	20.6	17.9
	葉	41.7	3.2	0.3	2.1	1.1	0.2	63.8	103.3
対照区	花	43.4	2.6	0.3	1.6	0.3	0.1	43.7	36.0
	茎	43.9	1.6	0.3	1.4	0.2	0.1	17.6	18.3
	葉	43.0	3.4	0.3	2.3	1.1	0.2	53.0	96.8

「マカレナ」									
試験区	部位	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn
		%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
処理区	花	42.7	2.3	0.3	1.5	0.3	0.2	46.7	44.8
	茎	43.7	1.3	0.3	1.2	0.3	0.1	30.2	21.0
	葉	41.7	2.9	0.3	1.8	1.7	0.2	71.2	144.6
対照区	花	44.0	2.9	0.3	1.7	0.3	0.2	50.7	45.6
	茎	44.6	1.5	0.3	1.2	0.2	0.1	37.8	20.0
	葉	42.9	3.6	0.3	1.8	1.2	0.2	68.8	131.4

「パープルフラガンシア」									
試験区	部位	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn
		%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
処理区	花	43.5	2.6	0.3	1.6	0.2	0.1	36.1	25.5
	茎	44.2	2.0	0.3	1.1	0.2	0.1	22.9	16.0
	葉	43.0	3.4	0.3	2.2	0.8	0.1	62.8	72.4
対照区	花	43.8	2.5	0.3	1.6	0.2	0.1	37.0	21.3
	茎	44.4	1.7	0.2	1.0	0.2	0.1	22.2	12.0
	葉	43.2	3.6	0.3	2.1	1.1	0.2	63.0	72.5



図9 浸潤法によりVI液を塗布した際の葉裏の様子

表5 ミスト噴霧が気孔開度に及ぼす影響

	処理区	対照区
気孔開度指数	0.61	0.39

含有率を調査した。多量要素と微量元素のいずれにおいても区間による明確な差は認められなかった（表4）。

4 バラ葉裏の気孔開度

浸潤液中、最も粘性の高いVI液を葉裏に塗布した際に、浸潤面積に最も大きい差が認められた（図9）。全ての浸潤液を用いた結果から気孔開度指数を算出したところ、処理区の方が気孔開度は大きかった（表5）。

考 察

二村ら³⁾は、秋～春においてCO₂施用を行うことにより、バラ切り花の収量および品質が向上することを先に報告している。本報では、さらにミスト噴霧を組み合わせた場合の温室内環境やバラ切り花の収量・品質への影響を明らかにした。

相対湿度は、ミストを噴霧することで平均10%程度高く推移した。飽差は、ミスト噴霧しない場合に比べて常に低く維持され、5～16 hPaであった。高湿度条件で栽培すると、キュウリでは光合成量の最大値が大きくなるという報告¹²⁾や、トマトでは光合成速度が速まり、増収するという報告¹³⁾がある。今回の試験においても、品種により程度に差はあるが、ミスト噴霧によって切り花本数が5～19%増加し、切り花の長さ別切り花重は重くなった。

CO₂は葉の内外の濃度勾配によって取り込まれるため、気孔開度が大きい方が施用効果は高まると考えられる。斉藤と石原²⁾も光合成速度の低下には、気孔開度の減少が大きく影響すると報告している。今回、気孔開度はミスト噴霧によって大きくなっていたことから、高湿度・低飽差の環境が気孔開度を大きくし、施用したCO₂の効果が高まり、収量の向上に繋がったと考えられる。

切り花本数の増加程度には、品種間差が認められた。長谷川ら¹⁴⁾はイネにおいて、高CO₂による増収率には3～36%の品種間差異があることを報告し、この原因として植物のシンク容量などの遺伝的要因が関係していると考察している。また、著者らが行ったバラを用いた過去の研究においても、CO₂施用効果には品種間差があること³⁾を明らかにしている。ミスト噴霧は気孔開度を大きくし、CO₂施用効果を高めることで効果が発揮されるため、今回増収効果に品種間差が生じた原因も、何らかの遺伝的要因によるものと推測される。

高湿度で栽培する負の影響として、蒸散量の低下¹⁾や、それに起因する肥料吸収量の減少¹⁵⁾、乾物量の低下¹⁶⁾などが報告されている。バラにおいても、栽培時の相対湿度が高いと花持ちが短くなることが知られている^{17, 18)}。しかしながら、今回の条件であれば、供試した3品種において、日持ちや養分含有率に差は認められなかった。

本研究においてCO₂施用下でミストを利用する目的は、加湿だけでなく、降温効果で換気が抑制されることによるCO₂高濃度維持時間の延長であった。今回の試験条件では、ミスト噴霧によって、気温は1～3℃低下したものの、CO₂濃度への影響は見られなかった。施用したCO₂は

換気により外部に流出するため、効率的にCO₂施用を行うには、換気と連動させた濃度制御が必要となる。今回は、温室の換気とCO₂濃度を別々の機器で制御したが、統合環境制御装置などを利用して天窓の開閉信号と直接連動させた濃度制御を行えば、CO₂の高濃度維持時間を延長できる可能性がある。

CO₂の高濃度維持時間を延長させることはできなかったものの、ミスト噴霧の降温効果によって天窓開度は小さくなった。また、CO₂施用量は処理区で少なかったことから、天窓開度の減少がCO₂使用量の低減につながったと考えられる。

CO₂濃度や湿度以外にも、光、温度、風や施肥濃度などを統合的に管理することで光合成効率を向上させ、増収につなげることが、各種作物で検討されている^{12, 15)}。今後、バラにおいてもCO₂や湿度を含めた各種環境要因の統合環境制御によって更なる増収が実現すると考えられる。

引用文献

1. 長岡正昭, 高橋和彦, 新井和夫. トマト・キュウリの光合成・蒸散に及ぼす環境条件の影響. 野菜試験場報告. A12, 97-117(1984)
2. 斉藤邦行, 石原邦. 水稻葉身の光合成速度におよぼす飽差の影響. 日作紀. 51(2), 163-170(1987)
3. 二村幹雄, 津田千織, 朝倉芳則, 大野真奈美, 奥村義秀, 平野哲司. 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(2013)
4. 二村幹雄, 山口徳之, 池内都, 和田朋幸, 大石一史. 夏期高温時の超微粒ミスト噴霧と夜間冷房がバラ切り花収量・品質に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 44, 55-59(2012)
5. Urban, L. and Langelez, I. Effect of high-pressure mist on leaf water potential, leaf diffusive conductance, CO₂ fixation and production of cultivar 'Sonia' rose plants grown on rockwool. Sci. Hortic. 50, 229-244(1992)
6. 熊崎忠, 山内高弘, 杉山千織, 三枝正彦. 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(2011)
7. 大川清. 花の切り前. 誠文堂新光社. 東京. p. 48-65 (1983)
8. 石原邦, 西原武彦, 小倉忠治. 水稻葉における気孔の開閉と環境条件との関係 (第1報) 気孔開度の測定法について. 日作紀. 40, 491-496(1971)
9. 船越桂市. キク切り花の形質および日持ちにおよぼす栽培環境条件の影響に関する研究. 静岡県農試特別報告. 15, 1-66(1984)
10. 犬伏加恵, 大石一史. スプレーギクの日持ちと蒸散の関係及びアブシジン酸の効果. 愛知農総試研報. 40, 121-127(2008)
11. 一般財団法人日本花普及センター. 「切り花の日持ち評価レファレンステストマニュアル バラ (スタンダード)」. http://jifpc.or.jp/reference_test/hyoka.html. (2015. 5. 13参照)
12. 矢吹万寿, 宮川秀夫. 風速と光合成に関する研究 (第2報) 風速と光合成との関係. 農業気象. 26, 137-141(1970)
13. 木野本真沙江, 松本佳浩, 吉田剛. 細霧冷房装置利用による相対湿度の制御がトマト生体情報および収量品質に及ぼす影響. 栃木農試研報. 71, 27-31(2013)
14. 長谷川利弘, 酒井英光, 常田岳志, 中村浩史, 臼井靖浩, 林健太郎, 吉本真由美, 福岡峰彦. つくばみらいFACE実験によるイネの高CO₂応答の検証. 光合成研究. 23(1), 18-23(2013)
15. 鈴木真美, 岩崎泰永, 河崎靖, 安東赫, 鈴木克己, 浜本浩. CO₂濃度と相対湿度がきゅうりの生育と養分吸収に及ぼす影響. 園学研. 13(別1), 470(2014)
16. 鈴木真実, 松尾誠治, 梅田大樹, 岩崎泰永. CO₂施用時の高い相対湿度がきゅうりの生育, 光合成速度, 窒素含量に及ぼす影響. 日本冷凍空調学会論文集. 31(3), 331-337(2014)
17. Torre, S. and Fjeld, T. Water loss and postharvest characteristics of cut roses grown at high or moderate relative air humidity. Sci. Hortic. 89, 217-226(2001)
18. Mortensen, L. M., Ottosen, C. and Gislerod, H. R. Effects of air humidity and K:Ca ratio on growth, morphology, flowering and keeping quality of pot roses. Sci. Hortic. 90, 131-141(2001)