

超微粒ミスト稼働下での夏期の遮光がバラ切り花の収量・品質に及ぼす影響

二村幹雄¹⁾・池内 都²⁾・和田朋幸³⁾・平野哲司³⁾

摘要：ヒートポンプによる23℃での夜間冷房と昼間の超微粒ミスト噴霧との組合せ処理を前提として、夏期における外部遮光がバラ切り花の収量・品質に及ぼす影響を調査した。超微粒ミストにより夏期昼間のガラス室の気温は、遮光条件でおよそ28℃、無遮光条件でおよそ30℃に制御できた。無遮光条件であっても、超微粒ミストの温室で育ったバラでは花卉や葉に焼け症状がみられなかった。超微粒ミストによって気孔開度はより大きく、孔辺細胞も大型化した。無遮光条件では光合成有効光量子束密度が遮光条件の2倍量であり、スタンダード品種「アサミ・レッド」の7～12月の切り花収量は遮光条件と比べて46%増加した。超微粒ミストがあればバラ切り花生産に夏期の遮光は不要であることが示唆された。

キーワード：遮光、超微粒ミスト、気孔開度、孔辺細胞、光合成有効光量子束密度

Effects of Shading with Super Micro Mist Spraying in the Hot Summer Period on the Yield and Quality of Cut Roses

NIMURA Mikio, IKEUCHI Miyako, WADA Tomoyuki and HIRANO Tetsuji

Abstract: In the hot summer, the effects of external shading on the yield and quality of cut rose flowers were investigated with daytime super micro mist (SMM) spraying and a nighttime cooling temperature of 23 °C by using a heat pump. The daytime temperature of glass houses with SMM spraying could be controlled to approximately 28 °C by using 50% external shading and to approximately 30 °C without shading. Even without shading, no burning symptoms were noticed on petals and leaves of roses grown in the greenhouse with SMM spraying. Daytime SMM spraying led to larger stomatal apertures and guard cells than that in the control. From July to December, the yield of the standard-type rose cultivar Asami Red in shade-free conditions increased by 46% compared to that in shaded conditions, because the photosynthetic photon flux density (PPFD) was 2 times larger in the shade-free than in the shaded conditions. This suggests that SMM spraying allows cut roses to be produced without summer shading.

Key Words: Sun shade, Super micro mist, Stomatal aperture, Guard cell, PPFD (Photosynthetic photon flux density)

本研究の一部は園芸学会平成24年度春季大会（2012年3月）において発表した。

本研究は「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（課題No. 21013）」により実施した。

¹⁾ 園芸研究部（現東三河農業研究所） ²⁾ 園芸研究部（現企画普及部） ³⁾ 園芸研究部

(2013. 9. 20 受理)

緒 言

バラ切り花の周年生産化を考えると、夏期高温時の生産は大きな課題である。暖地では、高温のために切り花長、切り花重、花蕾の数・大きさなどバラの品質が著しく低下し、減収することが知られている。その対策として、燃油価格高騰への対応として暖房用に導入されたヒートポンプを利用して夏期高温時には夜間冷房が試みられ、一定の効果が得られている¹⁾。しかしながら、昼間の高温対策には、電気料金などの運転コストを考えるとヒートポンプの利用は困難である。このため、微粒な水滴を噴霧し、それが蒸発するときに奪われる気化熱を利用して省エネルギーで冷やす気化冷却法に期待が高まっている。

水滴の粒径が10数 μm と従来からある細霧冷房30～100 μm よりもさらに細かい「超微粒ミスト」は、瞬時に蒸発するため降温効果が高く、連続運転しても植物体がほとんど濡れない。最近開発された超微粒ミストには、2005年の愛知万博で紹介されたドライミスト[®]（登録商標第4947954号）があり、これは屋外のヒートアイランド対策として考案されたものである^{2,3)}。

筆者らは先に、ドライミストを用いた昼間の超微粒ミスト噴霧とヒートポンプによる夜間冷房との組合せ処理が、夜間冷房のみの処理よりも夏秋期のバラ切り花の収量・品質を大幅に向上させることを報告した⁴⁾。バラ切り花生産では、一般的に夏期は50～90%の遮光を行うことにより施設内の昇温を抑制し、高温時に発生する花弁焼け・葉焼け症状を防いでいる。そこで本報では、超微粒ミストによる昼間の冷却とヒートポンプによる夜間冷房に加え、さらに昼間の遮光を行うことによる夏期の高温対策効果を検討した。

また、既報の超微粒ミストと夜間冷房の処理では、4番花（11～12月採花）の開花が無処理に比べて遅れる傾向がみられたが、これは夏期の低い培養液濃度による肥料不足で採花疲れが発生したためと推測されている⁴⁾。本報では、夏期に超微粒ミストと夜間冷房の処理を行った場合における養液栽培の好適な培養液濃度についても検討を加えた。

材料及び方法

試験は、単棟のガラス室（間口7.2 m×奥行13.9 m×軒高4.5 m、面積100 m²、容積350 m³）2棟で実施した。いずれのガラス室も6月15日から9月30日まで昼間は超微粒ミスト噴霧（以下、ミストと表記）、夜間はヒートポンプによる冷房（以下、夜冷と表記）を行った。ガラス室2棟のうち、1棟は遮光率50%のダイオネットによる外部遮光処理を7～9月に行い、もう1棟は外部遮光処理を行わなかった。試験区は、外部遮光処理の有無により「遮光」および「無遮光」の2水準を設定した。さらに「高濃度」および「低濃度」の2水準の培養液濃度を組合せ、全4試験区とした。培養液

表1 試験区の構成

試験区	7～9月		10月以降	
	遮光	培養液濃度	遮光	培養液濃度
有高	有り	高濃度	無し	高濃度
有低	有り	低濃度	無し	高濃度
無高	無し	高濃度	無し	高濃度
無低	無し	低濃度	無し	高濃度

は、株当たり日給液量330 mLとし、愛知農総試園研バラ処方を用いて7～9月はEC1.0（低濃度）あるいは1.4（高濃度） $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$ 、10月以降は両区とも1.4 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$ とした（表1）。

ミストの設定温度については、既報⁴⁾を参考に無遮光区は30℃、遮光区はそれよりさらに2℃低い28℃に設定した。なお、遮光区では設定温度を上回っても相対湿度が75%以上となる場合にミスト噴霧を停止するマイコン複合制御、無遮光区は農電電子サーモによる温度のみでの制御とした。ミストは、既報と同様に時間帯8～18時に高圧プランジャーポンプとドライミスト[®]ノズル（粒径14～16 μm ）を用いて高さ2mから上方45°の角度で、天窗・側窓を開放して噴霧した。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（1 MPa=10.197 kgf/cm²）で圧送した。

夜冷は、時間帯21時～翌朝5時30分に換気窓並びに内張りを全閉して、ヒートポンプによる温度制御を23℃に設定した。なお、10月以降の全試験区の栽培条件は、無遮光で夜間暖房温度18℃・昼間自然換気温度23℃の同一環境とした。

施設内の気温、相対湿度および照度は、データロガー照度UVレコーダー TR-74Ui（株式会社T&D、長野）を試験区中央の1mの高さに設置し、1分間隔で計測した。超微粒ミストの噴霧に要した水使用量も計測した。

供試植物は、バラのスタンダード品種「アサミ・レッド（流通名：ローテローゼ）」の2年生株を用いた。定植の45日前に5 cm角ロックウールキューブに挿し木を行い、2009年12月14日に少量土壌培地耕⁵⁾によるプランター5株植えとして、1試験区それぞれ25株を定植した。株はアーチングに仕立て⁶⁾、最終折り曲げとして試験開始前2011年6月14日に片側への一斉折り曲げ・一斉芽かきを行い、株当たりの光合成専用枝は4本以上を確保した。なお、光合成専用枝の更新は試験期間中には行わなかった。

開花調査は、花の切り前4～6段階⁷⁾で採花し、切り花長、切り花重、花高（花床から花弁先端までの長さ）について行った。花弁焼け症状あるいは葉焼け症状の有無についても採花時に観察した。採花しない日が2日を超えることがないように、1番花の開花開始である2011年7月中旬から4番花が終了となる2011年12月28日まで毎週4回以上採花し、試験区的全切り花を調査した。

超微粒ミスト噴霧がバラの気孔に与える影響については次の調査を行った。晴天となった2011年8月10日の午後2～3時、「アサミ・レッド」の着蕾した茎について遮光および無遮光のガラス室から、それぞれ10茎の中位葉の葉裏をスンプ法、すなわち鈴木式万能顕微鏡印画法(Suzuki's Universal Micro-Printing method)によりサンプリングした。気孔は顕微鏡で検鏡・撮影した後、フリーソフト「Image J」を用いて孔辺細胞の長径および短径を測定した。なお、比較のため別のガラス室にて遮光のみミスト噴霧なしで栽培した「遮光・ミストなし」のバラからも同様にサンプリングし、測定した。なお、サンプリングを行った施設の気温、相対湿度の推移を把握するため、前記のデータロガーを用いて2011年8月12日に計測した。

試験結果

1 施設環境

(1) 気温

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「野外」における期間2011年7月1日～9月25日の10分ごとの平均気温は、12時10分～15時30分の間は30℃を超え、14時には最高の30.5℃に達した。試験区「無高」および「無低」があるガラス室の「無遮光区」では、8時10分および10時～15時40分の間は30℃を超え、11時～11時10分においては最高31.1

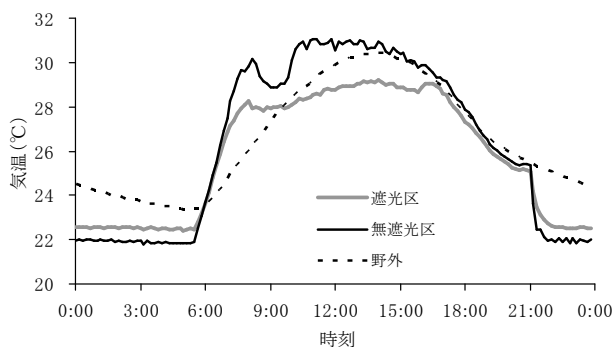


図1 時刻別平均気温(期間2011年7月1日～9月25日)

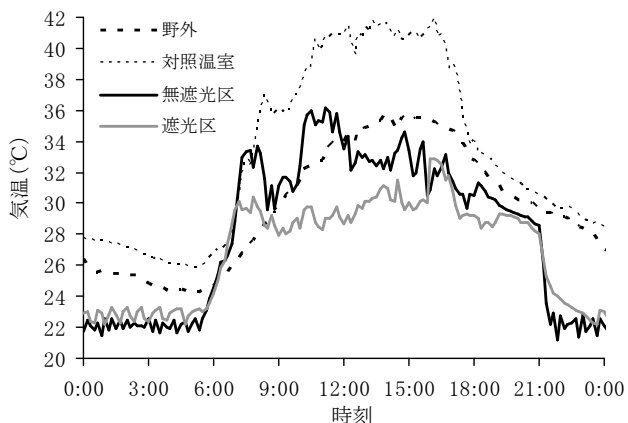


図2 猛暑日における時刻別気温(2011年8月12日)

℃に達した。一方、試験区「有高」および「有低」があるガラス室「遮光区」では、いずれの時刻も30℃を超えることがなく、13時～14時40分および16時10分～16時30分の間は29℃を超え、14時には最高の29.2℃に達した。10時～16時での「遮光区」と「無遮光区」との温度差は、「遮光区」が1.1～2.6℃低い結果となった。ミストの開始は8時からとしたが、日の出からミスト開始までに施設内の気温は急激に上昇していた。夜間は、ヒートポンプの稼働によってほぼ設定温度どおり推移した(図1)。

日最高気温35℃以上の猛暑日となった2011年8月12日の気温、相対湿度、照度のデータには、無遮光でミストおよび夜冷を行わない単棟のガラス室100㎡(以下「対照温室」と表記)を参考として加えた。「対照温室」と比べ、「無遮光区」では気温が低くミスト噴霧の効果が明白であり、「遮光区」ではミスト噴霧に加えて外部遮光によりさらに気温が低く遮熱効果が明らかであった。「遮光区」の10時～16時の気温は「野外」の気温を大きく下回り、「無遮光区」と比較して0.5～7.2℃低く推移した(図2)。

(2) 相対湿度

「野外」における期間2011年7月1日～9月25日の10分ごとの平均相対湿度は、12時10分～15時20分が50%台後半、夜間は80%台であった。「無遮光区」の日中の相対湿度は概ね65～70%で推移した。「遮光区」の日中はそれよりやや高く変動も小さく70%前後であつ

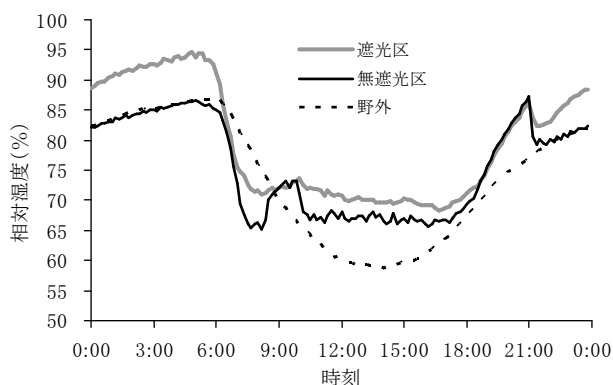


図3 時刻別平均相対湿度(期間7月1日～9月25日)

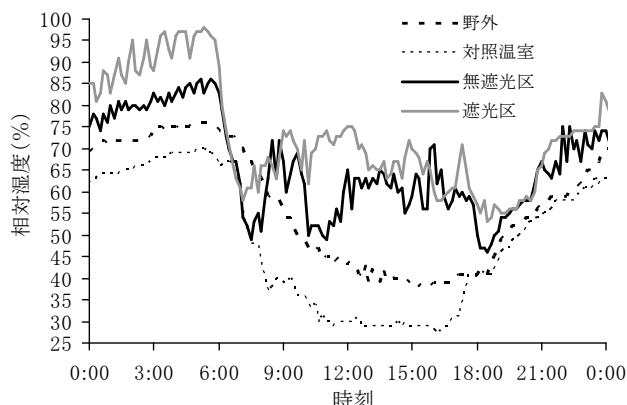


図4 猛暑日における時刻別相対湿度(2011年8月12日)

た(図3)。

猛暑日となった2011年8月12日の「野外」の相対湿度は、9時50分～19時10分には50%を下回り、14時50分～16時50分には40%を下回った。その後、日没から夜明けまで相対湿度は80%近くまで徐々に上昇した。

「対照温室」の日中の相対湿度は、「野外」よりも常に10%程度低く、8時10分～17時30分は相対湿度40%以下となり、11時20分および12時40分～16時40分の間には30%を下回った。「無遮光区」の日中の相対湿度については、ミスト噴霧されるため50%以下になることがほとんどなく、50～70%の範囲で推移した。「遮光区」の日中の相対湿度はさらに高く、概ね60～70%の範囲で推移した(図4)。

(3) 光合成有効光量子束密度

植物育成において光強度の目安となる光合成有効光量子束密度 (photosynthetic photon flux density、以下PPFDと表記) は、データロガーで計測した照度から換算⁸⁾、図示した。「野外」における期間2011年7月1日～9月25日のPPFDの10分ごとの平均は、12時10分に最大1465 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ に達した。同時刻の「無遮光区」は、856 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であり、これは「野外」の58.4%であった。「遮光区」のそれは「無遮光区」の概ね半量で推移した。いずれの試験区もガラス室であり、施設の骨材、畳んだ内張り資材が影響し、時刻によって大きく変動した(図5)。

猛暑日となった2011年8月12日の「野外」のPPFDは、

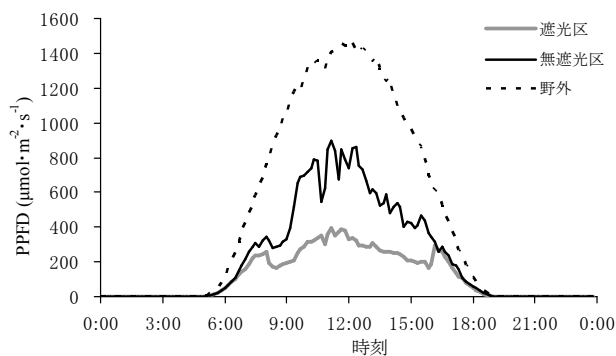


図5 時刻別の平均PPFD(期間2011年7月1日～9月25日)

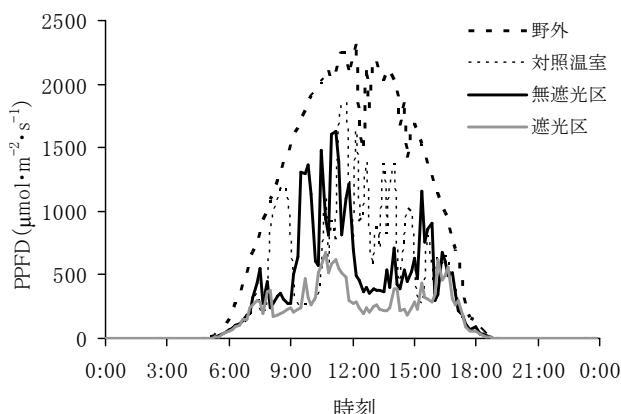


図6 猛暑日における時刻別PPFD (2011年8月12日)

12時10分に最大の2344 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ に達した。9時～16時の平均では、「野外」が1874、「対照温室」が770 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であり、「無遮光区」は「対照温室」にほぼ近い746 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、「遮光区」は「無遮光区」の半分程度で335 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ となった(図6)。

(4) 超微粒ミストの使用水量

100 m²単棟ガラス室において試験期間中7～9月にミスト噴霧で使用した水量は、「遮光区」が20.315 kL、「無遮光区」が30.803 kLであり、「無遮光区」は「遮光区」の約1.5倍であった(表2)。

2 バラ切り花の収量・品質

(1) 切り花収量

開花の推移を週別切り花本数でみると、1、2番花において無遮光条件の「無低区」および「無高区」の開花が早い傾向で、ピークも大きかった(図7、表3)。3、4番花の開花ピークはやや不明瞭であったが、4番花の平均開花日については培養液濃度が高いと早い傾向が認められた(図7、表4)。

表2 超微粒ミスト噴霧で使用した水量 (L)

試験区	7月		8月		9月		試験期間	
	月計	日平均	月計	日平均	月計	日平均	合計	日平均
遮光	7,543	243	8,387	271	4,385	146	20,315	221
無遮光	10,488	338	10,807	349	9,508	317	30,803	335

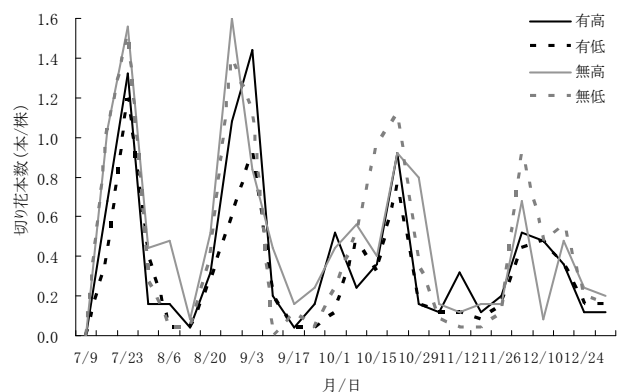


図7 バラ「アサミ・レッド」の週別切り花本数

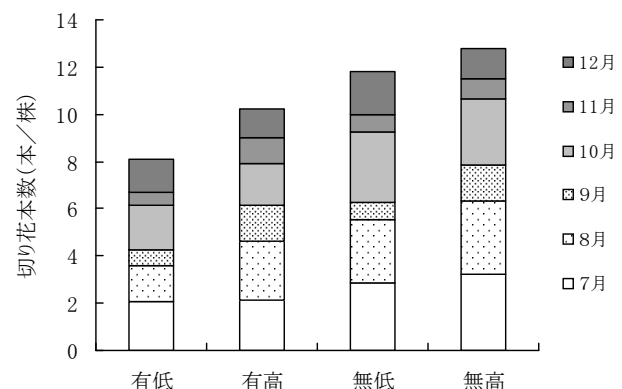


図8 バラ「アサミ・レッド」の月別切り花本数

表3 夏期7～9月の切り花調査結果

試験区	切り花 本数 (本/株)	総切り花 重 (g/株)	切り花 長 (cm)	切り花 重 (g/本)	花高 (mm)	平均開花日	
						1番花	2番花
遮光 有 高	6.1	180.0	71 a ²	29.4 a	43.2 b	7/19	8/27
有 低	4.3	118.2	67 ab	27.6 a	41.9 b	7/20	8/27
無 高	7.8	234.3	65 b	29.9 a	44.8 a	7/19	8/25
無 低	6.2	190.2	66 b	30.5 a	43.4 b	7/18	8/24

²異符号間に5%水準で有意差あり(Tukey's HSD test)

表4 秋冬期10～12月の切り花調査結果

試験区	切り花 本数 (本/株)	総切り花 重 (g/株)	切り花 長 (cm)	切り花 重 (g/本)	花高 (mm)	平均開花日	
						3番花	4番花
有 高	4.1	127.1	72 a ²	31.1 a	48.7 a	10/11	11/27
有 低	3.8	131.3	75 a	34.6 a	48.1 a	10/14	12/5
無 高	5.0	163.3	71 a	32.9 a	48.4 a	10/14	11/28
無 低	5.6	188.0	74 a	33.8 a	49.2 a	10/13	12/6

²異符号間に5%水準で有意差あり(Tukey's HSD test)

表5 遮光・超微粒ミスト処理が葉裏の気孔のサイズおよび開度に与える影響

試験区	調査した 気孔数	気孔サイズの比較 (短径/長径)	
		気孔サイズの比較	気孔開度
ミスト	89	1.15 a	0.62 a
ミスト+遮光	85	1.09 a	0.61 a
遮光・ミストなし	78	1.00 b	0.50 b

注:気孔サイズは、「遮光・ミストなし区」の平均値=1.00とした場合の相対値で各区の平均を示した。異符号間に5%水準で有意差あり(Tukey's HSD test)。

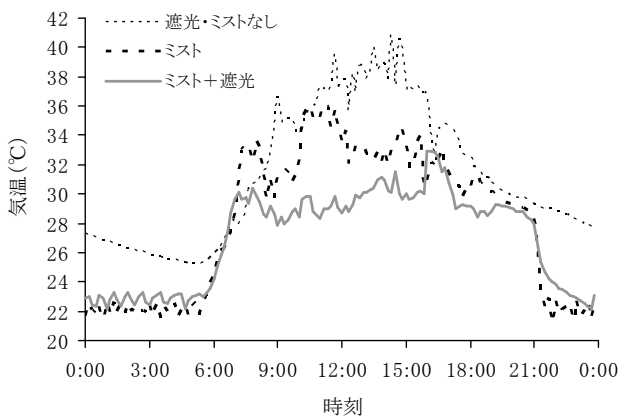


図9 遮光・超微粒ミスト処理と猛暑日における温度(2011年8月12日)

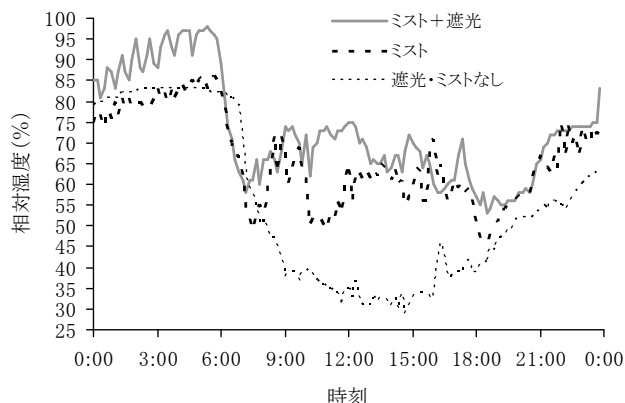


図10 遮光・超微粒ミスト処理と猛暑日における相対湿度(2011年8月12日)

切り花本数を月別にみると、無遮光の「無低区」および「無高区」は、遮光した「有低区」および「有高区」と比較して特に7、8、10月が多かった。12月までの合計収量についても、「無低区」および「無高区」は「有低区」と比較してそれぞれ46.4、58.4%多い顕著な差となった。培養液濃度の影響については、8～9月において明らかに認められ、高濃度の「有高区」、「無高区」は低濃度の「有低区」、「無低区」と比較して、それぞれ76.8、38.1%と大きく上回った(図8)。

(2) 切り花品質

夏期(7～9月)では、遮光した区の切り花長が長く、花サイズの指標となる花高は「無高区」が他区よりもやや大きく有意差がみられた。切り花重については処理区間で差がなかった(表3)。

秋冬期(10～12月)では、切り花品質の指標となる切り花長、切り花重および花高の各項目に区間差が認められなかった(表4)。

花卉焼け症状、葉焼け症状については、いずれの試験区およびいずれの時期においても発生が認められなかった。

3 バラ葉裏の気孔観察

気孔に与える影響については、遮光の有無による差は認められなかった。しかし、ミストの有無による差は顕著であり、超微粒ミストを噴霧した区では孔辺細胞が9～15%大きく、かつ気孔の開度も22～24%大きくなった(表5)。サンプリングを行った施設における2011年8月12日の気温、相対湿度の推移は図9、10にそれぞれ示した。ミスト処理を行わないと遮光しても日中の気温が高く、相対湿度は30%台まで乾燥した。

考 察

筆者らは、夏期高温時に昼間の超微粒ミスト噴霧とヒートポンプによる夜間冷房を行うことにより、バラの生育や切り花の収量・品質が優れることを先に報告した⁴⁾。本報では、これに遮光処理をさらに組み合わせることによって、より実用的でコストパフォーマンスの高い冷房が可能か検討した。

温度については、遮光処理により7～9月の昼温が平均で2～3℃低く推移し、その効果は明白であった。相対湿度についても遮光処理により常に60～70%と高く維持されていた。温度および相対湿度の結果からみて、遮光処理を組み合わせる方がバラの生育に適すると考えられた。バラにとって適温・適湿に近づくため、呼吸によるエネルギー消費や蒸散が抑えられてバラの樹勢が旺盛となり、切り花の収量・品質の向上に結びつくことが予想されるからである。しかしながら、これに反してバラ切り花の収量・品質は無遮光の方が明らかに優れていた。さらに、気孔開度は遮光の有無に関係なくミスト噴霧処理すれば「遮光・ミストなし」より2割程度増えることを確認した。

バラの光合成は、他の植物と同様に光強度に影響され、葉齢、CO₂濃度、温度、品種および植物の水分会状態の影響も受ける⁹⁻¹¹⁾。大気CO₂濃度では光強度1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ 程度でバラのみかけの光合成速度は最大になるとの報告がある^{11, 12)}。今回、「無遮光区」の光強度は時刻別平均で最大856 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ に達し、猛暑日となった8月12日には瞬時値が1500 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ を超えた。これらから判断して、「無遮光区」の光強度は群落として飽和に近い状態にあったと考えられる。「無遮光区」は、温度で判断すれば「遮光区」より高温過ぎるものの、相対湿度や気孔開度の結果からみてCO₂濃度が光合成の制限要因となりにくいために光飽和レベルが上昇し、なおかつ光量は2倍量と豊富なため「遮光区」より光合成量がかなり上回ったと推測される。ミスト噴霧処理が前提であれば、表3にみられた夏期7~9月の切り花本数の差、および花の大きさ(花高)の差からも分かるように、遮光よりも無遮光の方がバラの生育にはより良い影響を与えるものと考えられる。なお、試験区間で光量に差がない秋冬期10~12月にも切り花本数に差が認められたが、これは夏期にバラ株に蓄えられた貯蔵養分の差が後作用として現れたものと考えられる。

既報⁴⁾では、超微粒ミスト噴霧は葉面積を大きくすると報告した。今回、葉裏の孔辺細胞を観察したところ、ミスト噴霧したバラでは遮光の有無に関係なく気孔開度が2割程度大きく、孔辺細胞のサイズも1割ほど大きくなった。すなわち、ミスト噴霧は葉の個々の細胞を大きくする結果、全体として葉そのものを大きくしたと推察される。葉を構成する細胞の数は先天的に遺伝情報で制御されていると考えられるので、ミスト処理は葉の細胞数を増加させるのではなく、細胞を増大させることによって葉が大きくなると考えられる。高湿度条件で栽培を行うと、キュウリでは気孔が開放状態となり収量が増加するという報告¹³⁾、バラにおいてもベーサルシュートの発生が促されて切り花収量が増加するという報告^{14, 15)}がある。これらは、ミスト処理がバラの光合成を活発にすることを支持するものである。

ところで、夏期高温時における日中の無遮光条件では、バラの花弁・葉の焼け症状の発生が危惧される。今回の供試品種「アサミ・レッド」では、ミスト処理を行えば無遮光条件でも時刻別平均で気温31℃以下・相対湿度65~70%が維持されており、焼け症状について全く問題なかった。今後は、焼け症状に弱い品種など、切り花収量等を含め実用化に向けてさらに検証する必要がある。

次に、培養液濃度について考察する。超微粒ミストおよび夜冷によって夏期の昼夜の栽培環境が改善されてバラの生育が旺盛になると、それに応じて養分吸収も盛んになることが予想される⁴⁾。本報の結果はその予想を支持するものとなった。「遮光区」と「無遮光区」との間の差ほどではないが、「低濃度区」と「高濃度区」とでは明らかに「高濃度区」が好結果となった。した

がって、夏期高温時に超微粒ミストと夜冷の組合せ処理を行う場合には、従来のように培養液を低濃度(慣行)で管理せず、高濃度で管理することが望ましい。

昼間の超微粒ミスト噴霧と遮光の組合せは、施設環境に著しい降温効果をもたらした。遮光装置は、バラの栽培施設では従来より必須とされてきたので、新たに設備投資する必要がない。さらに、「遮光区」において水使用量が少なかったということは、ミスト噴霧に要するポンプ稼働時間も当然少なく、温度および相対湿度のみで判断すれば、遮光を組み合わせる方法は高いコストパフォーマンスを示したといえる。しかしながら、光合成に欠かせない光量は遮光分だけ減少するため、バラ切り花の収量・品質を考慮すると無遮光で超微粒ミストを稼働させることが望ましい。

外部遮光と超微粒ミストの併用による大きな降温効果は、ある種のラン科植物や観葉植物あるいは苗物など、バラよりも光飽和点が小さいかあるいは高温に対する耐性が弱いものを対象とすれば有効に活用できると考えられる。今後の研究の進展に期待したい。

引用文献

1. 岩崎政男. 農業電化の歩みとこれから—④—エアコンからヒートポンプ時代に移行しつつあるバラ栽培業界. 農業電化. 61, 6-11(2008)
2. 辻本誠. ドライミスト奮戦記. 日本機械学会誌. 112, 192-193(2009)
3. 原田昌幸, 杉山剛. ドライミストの蒸散効果を用いた夏季の暑さ対策(特集 低炭素社会の実現に向けて—中部からの発信). 空気調和・衛生工学. 82, 787-791(2008)
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. 臼居仁司, 野村衛. バラの少量土壌培地耕技術の確立(第1報)培地、苗、仕立て法の検討. 滋賀農総セ農試研報. 43, 23-32(2003)
6. Ohkawa, K. and Suematsu, M. Arching cultivation techniques for growing cut roses. Acta Hort. 482, 47-51(1999)
7. フローリスト編集部. 改訂版 花の切り前. 誠文堂新光社. 東京. p.40-67(1994)
8. Thimijan, R. W. and Heins, R. D. Photometric, radiometric, and quantum light units of measure: a review of procedures for interconversion. Hort. Sci. 18, 818-822(1983)
9. Aikin, W. J. and Hanan, J. Photosynthesis in the rose: effect of light intensity, water potential and leaf age. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 100, 551-553(1975)
10. Jiao, J. and Grodzinski, B. Environmental influences on photosynthesis and carbon export

- in greenhouse roses during development of the flowering shoot. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 123, 1081-1088(1998)
11. 牛尾亜由子. バラの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(2008)
 12. 織田弥三郎. *園芸学実験・実習*. 養賢堂. p.122-123(1979)
 13. 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)
 14. Zieslin, N. and Mor, Y. Plant management of greenhouse roses. Formation of renewal canes. *Scientia Hort.* 15, 67-75(1981)
 15. 佐藤公宣, 印賤, 伊藤香澄, 稲本勝彦, 森源治郎, 土井元章. 栽培中の相対湿度がバラ切り花の収量、品質、日持ちならびに蒸散特性に及ぼす影響. *園学雑*. 74(2), 544(2005)