

施設園芸における超微粒ミスト噴霧と強制換気の組合せ効果

松古浩樹・杉山剛*・加藤克彦

Effect of a Dry Fog System and forced ventilation in greenhouse horticulture

Hiroki Matsufuru, Tuyoshi Sugiyama and Katsuhiko Kato

要約：14 μm ～16 μm の非常に細かく揃った水滴を発生する超微粒ミストと強制換気を組合せ、システムの低コスト化と周年利用技術について検討した。強制換気下における超微粒ミストノズル設置密度は、吸気側から5m以内で16ml/m²/min.、吸気口側から5m～10mで8ml/m²/min.、吸気口側から10m以降で5ml/m²/min.が適当であった。また、夏期、秋期の換気量を調節することで、ドライミストの噴霧量を変えずに温度管理のみで制御でき、設置コストの低コスト化が可能となった。また、超微粒ミストによる冷却加湿は、夏期のみでなく春期から秋期までの切バラおよび鉢物(ポットローズ、カランコエ、エラチオールベゴニア)に対して増収・生育促進効果を示した。

キーワード：超微粒ミスト，強制換気，切バラ，鉢物，低コスト化，周年利用

緒言

近年の夏期の異常な高温は、施設園芸における周年安定生産を妨げている。バラの場合、日中気温が35℃以上になると生育が不良となり、切花重、茎径、花径(花の大きさ)などが小さくなり、収量も減少する。この原因としては、日中の高温によりバラの乾物生産が抑制されるため生育が劣ると考えられる¹⁾。

また、長引く景気の低迷により花き需要は伸び悩み、生産面積、生産額がいずれも減少傾向²⁾にあり、花き産地では競争力を強化し、生産振興を図るため、低コストで高品質な商品を周年的に供給する必要がある。しかし、施設栽培でも、夏期の高温、周年的な低湿度による気孔閉鎖³⁾、施設内の低CO₂濃度のため光合成能が低下⁴⁾し、十分な生産性が発揮されていない。

夏期の高温および周年的な低湿度の解決策として、ランニングコストが安い気化熱利用が有効で、生産施設ではパッド&ファンや細霧冷房が導入されている⁵⁾。しかし、既存施設へのパッド&ファンの設置が困難であることや細霧により植物体や作業者が濡れること等で問題(病害発生、不快)が生じている。また、施設内CO₂濃度は作物の光合成によって快晴時は施設外より100ppm以上低くなる。

超微粒ミストは、特殊ノズルと高圧噴霧により非常に細かく(ザウター平均粒径14 μm)揃った水滴を発生させることができ、細霧冷房の中でも冷却加湿性能に優れ

る装備である。これまでに、自然換気条件下において超微粒ミストによるバラ⁶⁾やトマト等⁷⁾⁸⁾で品質向上効果・増収効果が明らかにされているが、自然換気の温室では気温・湿度・日射等のセンシングによる自動制御が必要で、噴射量も変化させるため複雑な制御システムとなり、導入コストは500万円/10aと普及性に乏しい⁹⁾。

これまでに、強制換気条件下では、ノズルを吸気側に集中して設置し排気口付近にノズルを設置する必要がないことと、217m²の温室の場合、32個から24個にすると、温室全体の降温効果が劣ることを明らかにしている¹⁰⁾が夏期のみの結果でありハウス形状別等も含め詳細な設置条件は明らかになっていない。また、強制換気により施設内のCO₂濃度の低下抑制効果も期待される。そこで、本研究では、超微粒ミスト噴霧と強制換気を組合せて、以下の3点について検討した。

- 1) 強制換気と超微粒ミストを組合せたシステムの低コスト化
- 2) 適切な湿度調節も可能とする周年利用技術の確立
- 3) 強制換気によるCO₂施用効果



第1図 超微粒ミスト(ドライミスト)

* (有)なごミスト設計

1. 強制換気と超微粒ミストを組合せたシステムの低コスト化

強制換気と超微粒ミストを組合せたシステムの低コスト化を確立するため、

- 1) 高軒高温室におけるノズル設置条件
 - 2) 低軒高ハウスにおけるノズル設置条件
 - 3) 夏期および秋期の換気条件
 - 4) 外気風が温室内部風速に与える影響
- の4課題について検討した。

試験1 高軒高温室におけるノズル設置条件

[目的]

高軒高温室におけるノズル設置条件について夏期および秋期の温室内部の温湿度分布を調査し、最適なノズル設置密度を明らかにする。

[材料および方法]

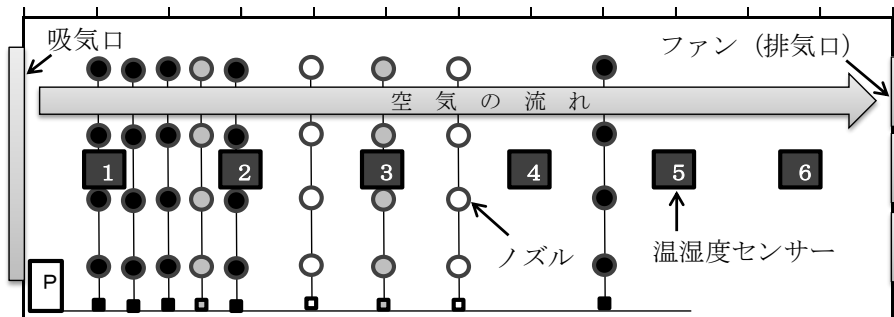
試験は、ガラス温室（間口7m、奥行き31m、軒高3m、床面積217㎡）で実施し、超微粒ミストノズルの設置高は地上高2.8m、設置角度は前報¹⁰より下方30度とし、強制換気条件は、天窗と側窓を閉め、南側の妻面にファン（290m³/min.）3基、北側の妻面の吸気口により強制的に温室内部の空気の流れを作り、温室中央部の地上高0.8mの風速は0.6~0.7m/sec.とした。

超微粒ミストは（有）なごミスト設計製の噴霧水量が50ml/min.のドライミストを用い、ノズルは根詰まり防止のためフィルターを通した地下水を高圧ポンプ（6MPa）で圧送しノズルで噴射した。ノズルの設置数は前報¹⁰を参考としA区（36個）、B区（28個）、C区（20個）、無区とした（第2図）。運転条件は温室中央部の温度センサー（地上高1.8m）が30℃以上で強制換気、31℃以上でミスト噴霧とした。

計測は、日射量と外気温度が変化しないよう快晴日に行い、平成25年7月10日（PM0時~PM2時）と10月2日（AM11時~PM1時）に行った。温湿度センサー（KNラボトリーズ製）は地上高1.8mに吸気口から2.6m地点、以後5.2m間隔に合計6地点設置した。

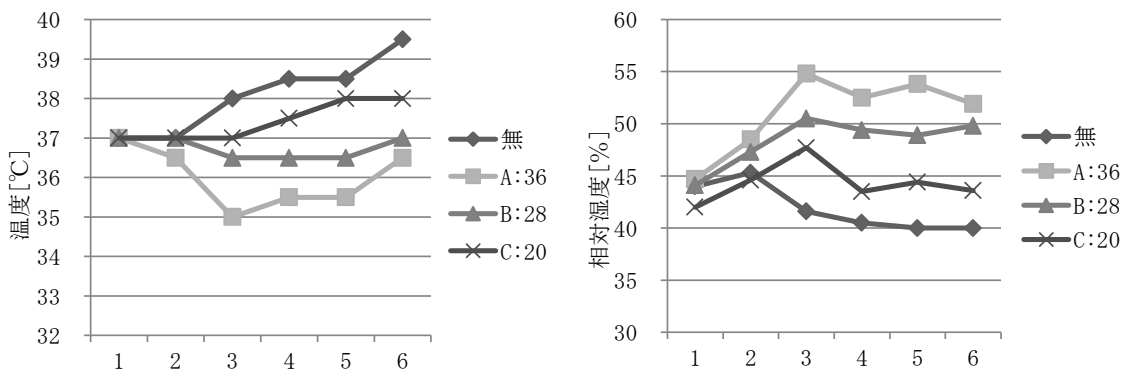
[結果]

夏期のドライミスト無しの温室内部の温湿度は、吸気口側の温度が37℃（湿度45%）、排気口側は40℃（40%）の条件で実施した。温湿度センサーの地点3より風下で効果が異なり、A区は、降温効果が4~5℃、加湿効果は10%あり相対湿度は50%以上となった。B区は、A区に比べ温度は1℃上昇し、相対湿度は3~5%低下するが温室内部の温湿度分布ムラは無かった。C区は、A区に比べ温度は2℃上昇、相対湿度は6~8%低下し、特に排気口側の地点4~6の降温加湿効果が劣り温室内部の温湿度ム

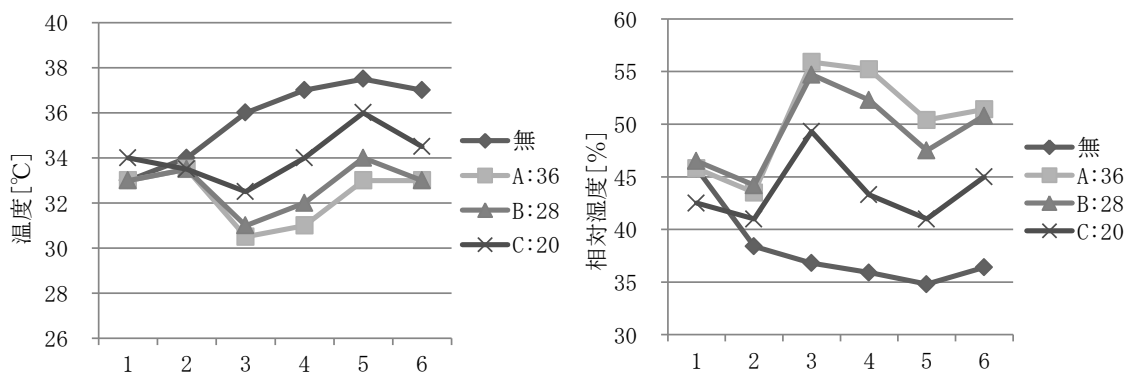


A区 (36個) : 黒+グレー+白 B区 (28個) : 黒+グレー C区 (20個) : 黒

第2図 超微粒ミストおよび温湿度センサーの設置位置



第3図 夏期における超微粒ミストの噴霧量別の降温加湿効果 (計測日 7月10日)



第4図 秋期における超微粒ミストの噴霧量別の降温加湿効果(計測日 10月2日)

ラが生じた (第3図)。

秋期のドライミスト無しの温室内の温湿度は、吸気口側が33°C (湿度45%)、排気口側は37°C (36%)の条件で実施した。超微粒ミストノズル数別による降温加湿効果も夏期の結果と同様に、A区とB区の効果の差は小さく、C区では温室内の温湿度ムラを生じた (第4図)。

以上の結果、温湿度分布とコストを考えるとB区の設置が有効であり、超微粒ミストノズルの設置密度は、吸気側から5m以内で3 m²/個、吸気口側から5m~10mで6 m²/個、吸気口側から10m以降で10 m²/個が適当であった。

試験2 低軒高ハウスにおけるノズル設置条件

[目的]

低軒高ハウスにおけるノズル設置条件について温室内の温湿度を調査し、最適なノズル設置条件を明らかにする。

[材料および方法]

試験は、パイプハウス (間口6.3m、奥行き21m、軒高1.8m、床面積132 m²) で実施し、超微粒ミストノズルの設置高は地上高1.8m、強制換気条件は、天窗と側窓を閉め、北側の妻面にファン (350m³/min.) 1基、南側の妻面の吸気口により強制的に温室内の空気の流れを作り、温室中央部の地上高0.8mの風速は0.5~0.6m/sec. とした。超微粒ミストは試験1同様のノズルと圧力で噴霧し、設置密度は7.3m²/個 (第5図-A区) を基本とした。運転条件は温室中央部の温度センサー (地上高0.8m) が30°C以上で強制換気、31°C以上でミスト噴霧とした。温湿度センサー (KN ラボラトリーズ製) は地上高1mに吸気口から0.5m地点、以後4m間隔に設置し、合計6地点の計測を行った。

試験は、4つの項目について行った。

試験2-1：強制換気と超微粒ミストの効果

計測は、快晴日の平成26年5月29日 (AM11時~PM0時) に行い、自然換気区 (防虫ネット目合い0.6mm設置)、強制換気区、強制換気+超微粒ミスト区 (ノズル水平) について6地点の温度を計測した。

試験2-2：ノズルの向き

計測は、快晴日の平成26年6月23日 (PM0時~PM2時) に行い、試験2-1のミスト条件下で水平区および自然換気条件下で慣行である上方30度区について6地点の温度を計測した。

試験2-3：ノズルの設置位置

計測は、快晴日の平成26年7月1日 (PM0時~PM2時) に行い、ノズル設置密度は7.3 m²/個 (18個) の水平設置とし、風上集中設置区 (第5図-A区) および均一配置区について6地点の温湿度を計測した。

試験2-4：ノズルの設置密度

計測は、快晴日の平成26年7月2日 (PM0時~PM2時) に行い、ノズルの向きは水平とし、A区：7.3m²/個 (18個)、B区：8.8m²/個 (15個)、C区：11m²/個 (12個) の3区について6地点の温度を計測した (第5図)。

[結果]

強制換気と超微粒ミストの効果については、自然換気より強制換気の方がパイプハウス内の温度が低く、自然換気の38.9°Cに対し36.3°Cであった。さらに強制換気と超微粒ミストを組合せることで31.8°Cまで降温させることが可能であった (第1表)。

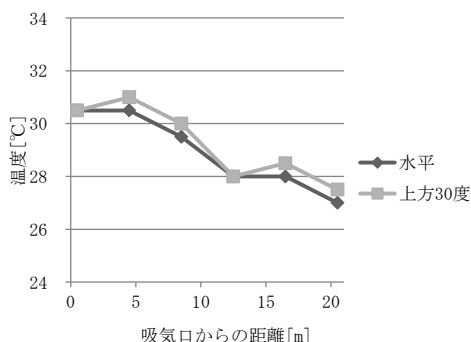
ノズルの向きについては、自然換気で慣行となっている上方30度より水平に設置した方が降温効果は高く、計測した6地点中4地点で上方30度設置区より水平設置区の方が温度は低く、2地点で同温であった (第6図)。

ノズルの設置位置については、均一配置より吸気口側に集中して配置した方がパイプハウス内を均一に冷却し、均一配置区は40°C以上になる地点があるが集中配置区は36°C~38°C内に分布した。また、加湿効果について

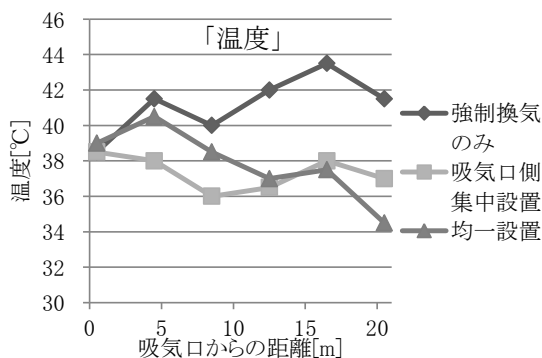
も同じ結果で、相対湿度が約30%の外気が加湿により40%以上になる地点は、均一配置区は吸気口から12.5m付近に対し集中配置区は6m付近であった(第7図)。

ノズルの設置密度については、A区(7.3m²/個)が最も降温効果が高く、A区が外気温度より4℃程度に対し、B区(8.8m²/個)は3℃程度の降温効果、C区(11m²/個)は吸気側の降温効果が低く排気口側でも最大2℃程度の降温効果であった(第8図)。

以上の結果、低軒高ハウスの場合、ノズルは吸気側に集中して水平に設置し、ノズルの設置密度は実験1の結果とほぼ同じ条件にすることで、ハウス内全体を外気より4℃程度、降温することが可能であった。



第6図 ノズルの向きと降温効果



第7図 ノズルの設置位置による降温、加湿効果

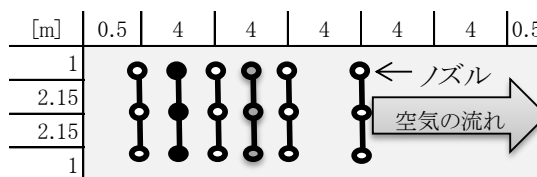
試験3 夏期および秋期の換気条件

[目的]

夏期および秋期の換気量による温室内の温湿度分布を調査し、最適な換気量を明らかにする。

[材料および方法]

試験は、試験1のガラス温室(間口7m、奥行き29m、軒高3m、床面積217m²)で実施し、天窓と側窓を閉め、ファン(290m³/min.)の数を変化させて試験を行った。

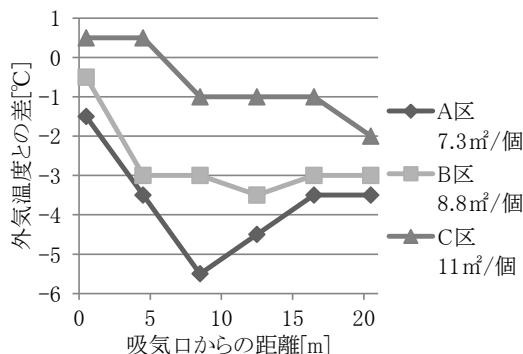


A区:白+黒+グレー, B区:白+黒, C区:白

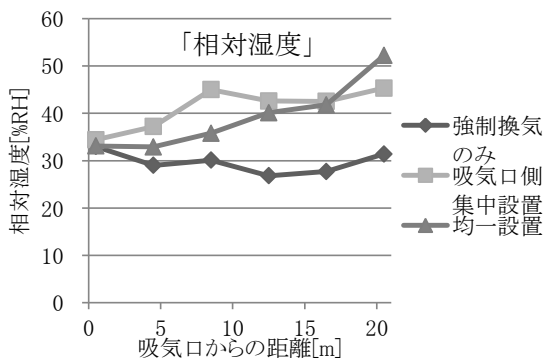
第5図 ノズルの設置位置

第1表 強制換気とドライミストの降温効果

	6地点の平均[°C]
自然換気	38.9
強制換気	36.3
強制換気+ドライミスト	31.8



第8図 ノズルの設置密度による降温効果



超微粒ミストノズルは試験1の結果より28個設置し、計測は平成25年7月11日(快晴、相対湿度50%~55%)、10月10日(曇り、相対湿度55%~65%)、10月21日(快晴、相対湿度55%~65%)に行った。運転条件、超微粒ミストの噴霧方法および温湿度センサーの設置位置は試験1と同一とした。

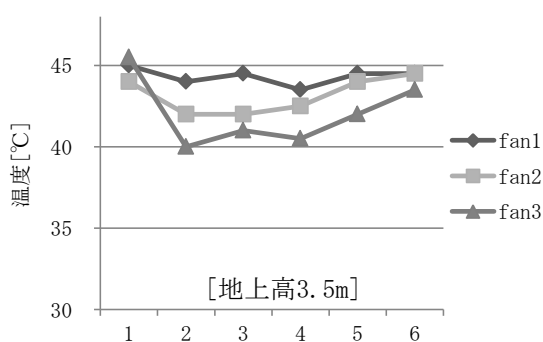
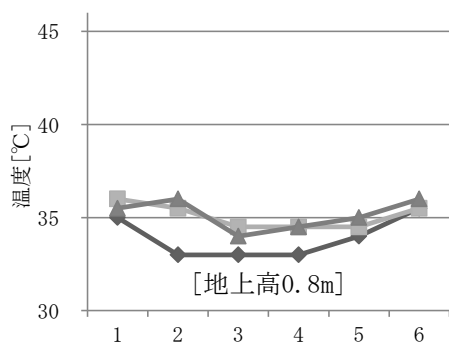
[結果]

夏期の地上高3.5mの気温は、換気量を上げるほど気

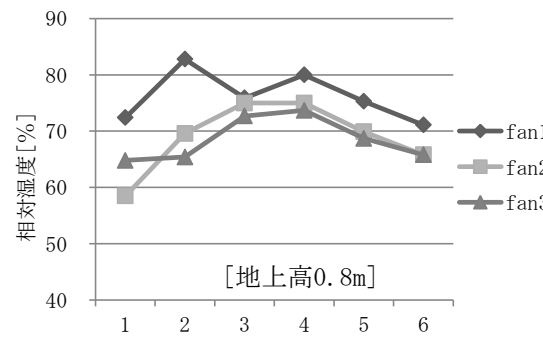
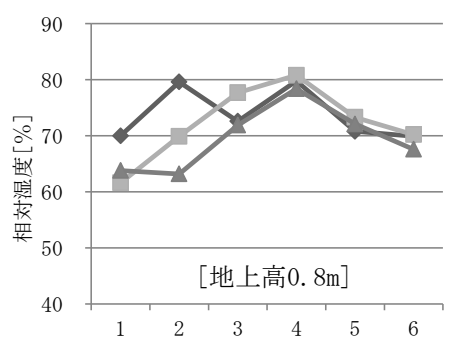
温が下がり、ファン1基とファン3基では最大4℃の差が生じ、換気量を増やすほど上部まで冷却されることが確認された。一方、地上高0.8mは、換気量を下げると降温効果が高く、植物体を栽培する高さのみ降温することが可能であった。この場合、相対湿度は最大74%まで上昇するが、株の濡れは生じていなかった(データ省略)。これらの結果は、ファン3基は地上高3.5mまで冷却するが、換気量を下げると、超微粒ミストにより冷却された空気の塊の沈降により、植物体周辺のみ冷却が可能であると考えられた(第9図)。

秋期の地上高0.8mの相対湿度は、快晴日および曇り日のいずれも換気量を下げると80%を超え、特に曇り日は相対湿度が80%を大きく超えた場所で株の濡れが生じた(第10図)。

以上の結果、ノズルを試験1の最適条件で設置した場合、夏期はファン数1基(温室内風速0.2～0.3m/sec.)で十分であり、秋期はファン数3基(温室内風速0.6～0.7m/sec.)で換気量を増やすことで、超微粒ミストの噴霧量を変更せず温湿度管理が可能であった。



第9図 夏期における換気量別の降温効果(計測日 7月11日)



第10図 秋期における換気量別の加湿効果

試験4 外気風が温室内風速に与える影響

[目的]

強制換気において外気の風速および風向による温室内の気流の影響を明らかにする。

[材料および方法]

試験は、ガラス温室(間口7m, 奥行き29m, 軒高3m, 床面積217㎡)で実施し、天窓と側窓を閉め、ファン(290m³/min.)の数を1基から3基まで変化させて試験を行った。

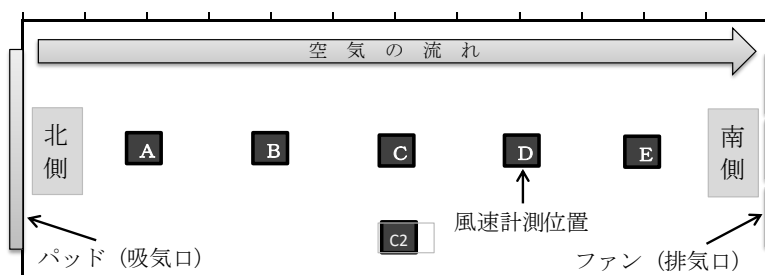
計測日(風向き, 風速)は、平成25年6月27日(西, 3m/sec.), 7月30日(0m/sec.), 10月9日(南, 5m/sec.)とし、温室内のAからE(5.2m間隔)およびC2(側窓か

ら1m)地点の地上高1.8mの風速を計測した(第11図)。

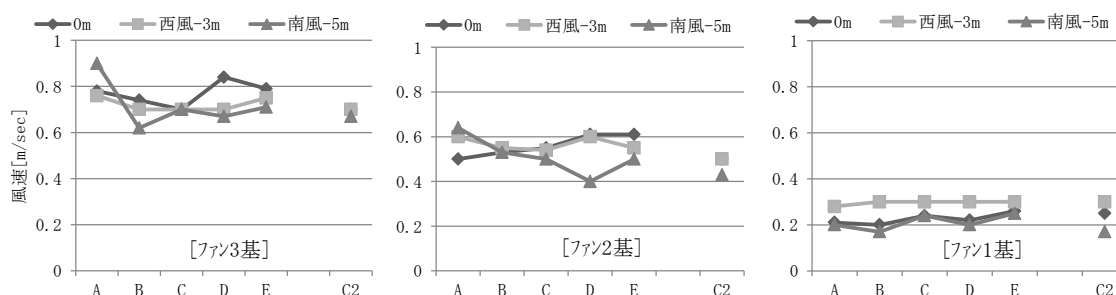
[結果]

温室内換気量別に無風時に対し、西風3m/sec.時および南風5m/sec.時を比較したが、外気の風速による温室内の風速の影響は小さかった。側窓付近(C2)の風速についても外気風速の影響はなかった(第12図)。

以上の結果、強制換気は、5m/sec.までの外気風速の場合、温室内気流に影響はなく、制御およびドライミスト噴霧量の調節が必要がないため、自然換気より導入コストの低減が可能であると考えられた。



第11図 風速計測位置



第12図 外気風による温室内の風速の影響

2. 適切な湿度調節も可能とする周年利用技術の確立

夏期の切バラおよび鉢物の増収・生育促進効果については「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（平成21年～23年）において効果を確認している¹¹⁾ため、春秋期の切バラおよび鉢物の増収・生育促進効果について検討した。

試験1 秋期の切バラの増収・生育促進効果

[目的]

秋期における切バラの増収・生育促進効果を明らかにするため、超微粒ミストによる加湿効果および換気条件を検討した。

[材料および方法]

試験は、ガラス温室（間口7m、奥行き29m、軒高3m、床面積217㎡）で実施し、ノズルの設置密度は7㎡/個（下方30度、設置高2.8m）として試験を行った。運転条件は、温室中央部の温度センサー（地上高1.8m）が31℃以上でミスト噴霧とした。換気条件は、天窗と側窓を閉め、強制換気区がファン1～2基（290～580㎡/min.、

風速0.3～0.5 m/sec.）、自然換気区は両サイド（防虫ネット目合い0.6mm設置）開放とした。

供試品種は「ローテローゼ」の2年生株を用い、同化専用枝を折り曲げる仕立てとした。試験は平成26年に実施し、切花品質（切花長、葉数、茎太、花首長、切花重）および収量を調査した。同化専用枝の折り曲げは平成26年9月12日、収穫は10月20日～11月7日とした。
[結果および考察]

強制換気と加湿の組合せは切花品質を向上させ、無処理区、加湿区、組合せ区の平均切花長は、それぞれ59.2cm、61.5cm、66.3cm、切花重は、それぞれ23.8g、26.5g、29.8gであった（第2表）。

強制換気と加湿の組合せは収量を増加させ、50cm以上の切花本数は加湿による増収効果が高く、無処理区の14,815本/10a、加湿区は16,000本/10aに対し組合せ区は16,296本/10aであった。また、60cm以上の切花本数も同様に加湿と強制換気を組合せることで増収し、無処理区の7,704本/10a、加湿区の10,667本/10aに対し組合せ区は12,741本/10aであった（第2表）。

第2表 処理による秋期の切バラ品質および収量の影響(調査期間 10月20日～11月7日)

試験区	換気	加湿	切花長 [cm]	葉数 [枚]	茎太 [mm]	花首長 [cm]	切花重 [g]	収量[本/10a]	
								50cm以上	60cm以上
無処理区	自然	無	59.2	9.1	4.8	12.0	23.8	14,815	7,704
加湿区	自然	有	61.5	9.1	4.8	12.1	26.5	16,000	10,667
組合せ区	強制	有	66.3	9.8	5.1	12.5	29.8	16,296	12,741

以上の結果、強制換気と超微粒ミストによる加湿の組合せは切バラ品質を向上させ、切バラ収量を増加させた。

試験2 春期の切バラの増収・生育促進効果

[目的]

春期における切バラの増収・生育促進効果を明らかにするため、超微粒ミストによる加湿効果を検討した。

[材料および方法]

試験は、ガラス温室（間口7m、奥行き29m、軒高3m、床面積217㎡）で実施し、運転条件は、温室中央部の温度センサー（地上高1.8m）が31℃以上でミスト噴霧（ノズル設置密度7㎡/個、下方30度、設置高2.8m）とした。換気条件は、天窓と側窓を閉め、強制換気条件（ファン3基、870m³/min.、風速0.6m/sec.）で試験を行った。

供試品種は「ローテローゼ」の3年生株を用い、同化専用枝を折り曲げる仕立てとした。試験は平成27年に実施し、切花品質（切花長、葉数、茎太、花首長、切花重）および収量を調査した。同化専用枝の折り曲げは平成27年5月11日、収穫は6月17日～7月31日とした。

[結果および考察]

春期における超微粒ミスト噴霧処理区は切花品質を向上させ、平均切花長は、無処理区の57.7cmに対し65cm、切花重は、無処理区の25.9gに対し31.6gであった（第3表）。

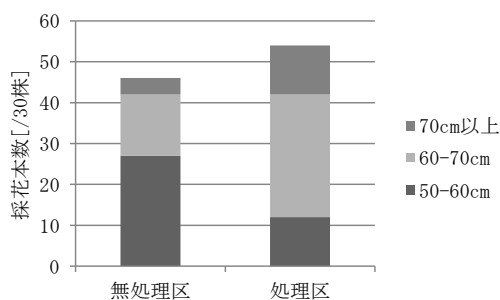
処理区の収量は無処理区より増加し、切花長50cm以上の収量は、無処理区の13,630本/10aに対し16,000本/10a、切花長60cm以上の収量増加効果はさらに大きく、無処理区の5,630本/10aに対し13,630本/10aであった（第3表）。

切花長をサイズ別に分類すると、処理区は60cmから70cmの割合が高く、無処理区は50cm～60cmの割合が高かった（第13図）。

以上の結果、春期においても超微粒ミスト噴霧により切バラ品質が向上し、収量も増加した。平成23年（夏期）および平成26年（秋期）の試験結果を含め、春夏秋期の切バラ栽培における超微粒ミストによる降温加湿は切花品質と収量の向上に効果的であった。

第3表 処理による切バラ品質および収量の影響(調査期間6月17日～7月31日)

	切花長 [cm]	葉数 [枚]	茎太 [mm]	花首長 [cm]	切花重 [g]	収量[本/10a]	
						50cm以上	60cm以上
処理	65.0	10.7	5.7	10.2	31.6	16,000	13,630
無処理	57.7	9.7	5.1	9.9	25.9	13,630	5,630



第13図 処理による切花長の影響(調査期間6月17日～7月31日)

試験3 秋期の鉢物の生育促進効果

[目的]

秋期における鉢物の生育促進効果を明らかにするため、ポットローズおよびカランコエを用い超微粒ミストによる降温加湿効果を検討した。

[材料および方法]

試験は、プラスチックハウス（間口7m、奥行き30m、軒高1.8m、床面積210㎡）の自然換気条件で実施し、降温加湿処理区のノズル設置密度は12.5㎡/個（水平、設置高1.8m）、運転条件・時間帯は降温加湿区内の温度センサー（地上高0.8m）が32℃以上、AM9時～PM3時とした。材料は、ミニバラ（バリー）、カランコエ（ジュリアナ、アレクサンドラ、シモン、アニアク）の3.5号鉢サイズの株を用い、処理期間は平成25年9月12日～10月6日（25日間）とし9月12日と10月17日の生育量（株幅、草丈、花径）および温湿度（9月23日：快晴、10月6日：曇り）を調査した。

[結果および考察]

処理期間の快晴日（9月23日）は温室内の温度上昇が大きく、外気の最高気温30℃に対し、温室内は40℃まで上昇した。相対湿度は、外気の最低湿度50%に対し、温室内は30%まで低下した（第14図）。

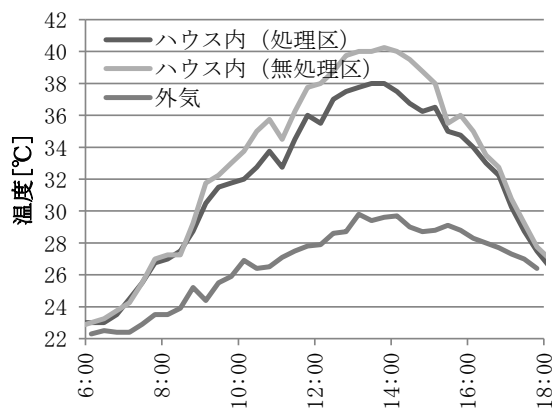
超微粒ミストの設置密度が通常の半分程度であるが、快晴日（9月23日）では、温室内温度は2℃程度の降温

効果を示し、相対湿度は10~15%程度の加湿効果を示した(第14図)。曇り日(10月6日)の超微粒ミストによる降温加湿効果は、快晴日(9月23日)と同じであった(第15図)。

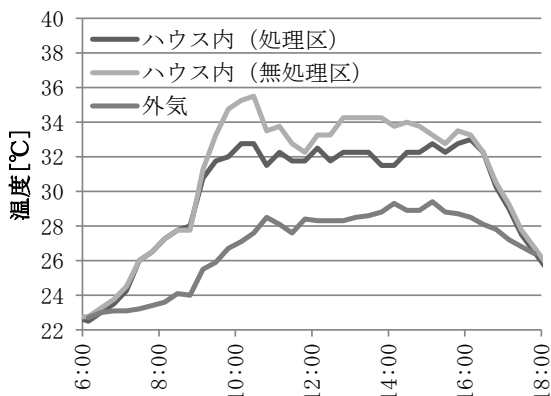
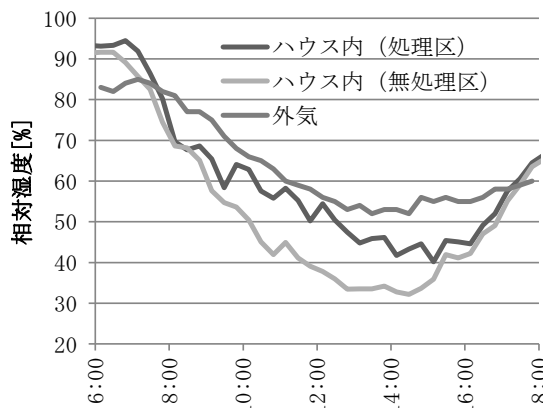
ポットローズについては、無処理区に比べ処理区は株幅が3.5cm、草丈が1.5cm大きくなった。カランコエについては、全品種で株幅は無処理区に比べ処理区の方が

大きくなる傾向となり、ジュリアナ、アレクサンドラでは有意差を示した(第16図)。

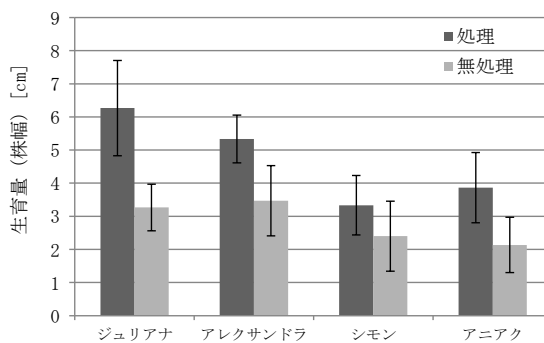
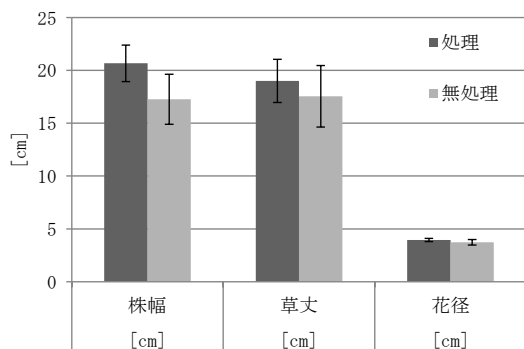
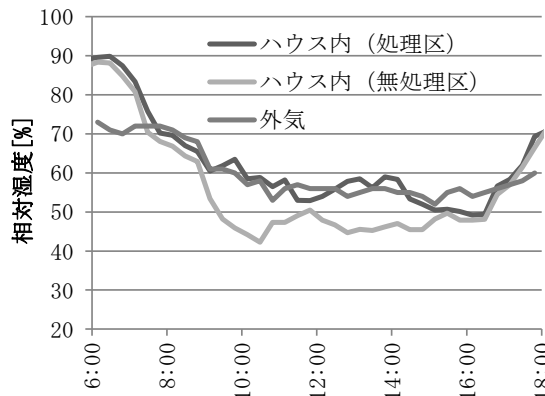
以上の結果、秋期の鉢物栽培に降温加湿は必要と考えられ、9月中旬~10月上旬の超微粒ミスト噴霧により、ポットローズ、カランコエでは生育促進効果を確認した。



第14図 快晴時における超微粒ミストの降温加湿効果(調査日9月23日)



第15図 曇り時における超微粒ミスト(ドライミスト)の降温加湿効果(調査日10月6日)



第16図 秋期における降温加湿による鉢物の生育促進効果

注1) 株幅、草丈および株高は9月12日から10月17日までの生育量変化 注2) エラーバーは標準誤差

試験4 春期および夏期の鉢物の生育促進効果

[目的]

春期および夏期における鉢物の生育促進効果を明らかにするため、エラチオールベゴニアおよびカラコエを用い超微粒ミストによる降温加湿効果を検討した。

[材料および方法]

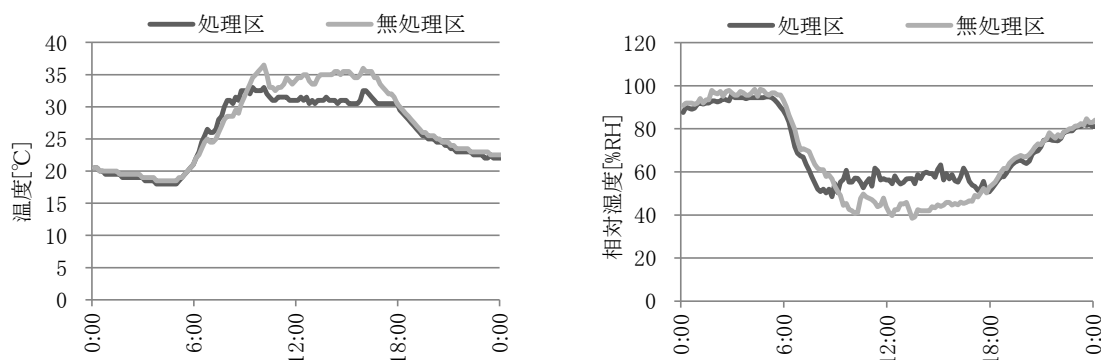
試験は、プラスチックハウス（間口7m, 奥行き30m, 軒高1.8m, 床面積210㎡）の自然換気条件で実施し、降温加湿処理区のノズル設置密度は7.5㎡/個（水平, 設置高1.8m）、運転条件・時間帯は降温加湿区内の温度センサー（地上高0.8m）が31℃以上、AM9時～PM3時とした。材料は、カラコエ（シモン, ジュリアナ）、エラチオールベゴニア（ブリッツ, ベロニカ）を用い、カラコエは平成27年4月13日に挿木を行い、3.5号鉢に鉢上後、処理期間を5月13日～7月16日とし、株幅と株高から地上部体積を算出して生育促進効果を評価した。エラチオールベゴニアは平成27年5月15日に挿木

を行い、3.5号鉢に鉢上後、処理期間を6月9日～9月17日とし、地上部重量により生育促進効果を評価した。

[結果および考察]

超微粒ミスト噴霧処理により温度は3℃～4℃下がり、湿度は10%～18%上昇した（第17図）。カラコエは、5月13日から7月16日までの処理により、いずれの品種も生育量は増加し、無処理に対する生育量は1.26から1.33倍であった。エラチオールベゴニアは、6月9日から9月17日までの処理により、いずれの品種も生育量は増加し、無処理に対する生育量は1.06から1.19倍であった（第4表）。

以上の結果、春期から夏期までの鉢物栽培においても降温加湿は有効であり、5月中旬から9月中旬の超微粒ミスト噴霧により、カラコエ、エラチオールベゴニアの生育促進効果が得られた。平成25年の秋期の結果を含め、春～秋期の鉢物栽培における超微粒ミストによる降温加湿は生育促進に有効であった。



第17図 処理による冷却加湿効果(計測日6月15日:晴れ)

第4表 処理による鉢物生育量の影響

品目	品種	処理期間	無処理区に対する処理区の生育量比
カラコエ	シモン(白)	5/13～7/16	1.33
	ジュリアナ(赤)	5/13～7/16	1.26
エラチオールベゴニア	ブリッツ(黄)	6/9～9/17	1.06
	ベロニカ(赤)	6/9～9/17	1.19

生育量 カラコエ:株幅と株高から地上部体積を算出、エラチオールベゴニア:地上部重

3. 強制換気によるCO₂施用効果

[目的]

施設内CO₂濃度は光合成によって外気より100ppm以上低く、CO₂施用は効果が高いものの、開口部から流出するため換気口を閉鎖する必要があり、冬期以外では実用

的でない。そこで、外気を強制換気によって施設内に取込み、外気のCO₂濃度(約400ppm)程度まで上昇させる換気の作動条件を明らかにする。

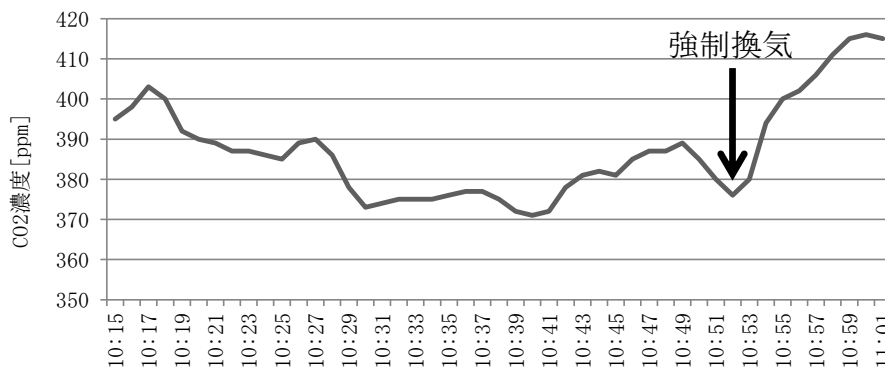
[材料および方法]

試験は、ガラス温室(間口7m, 奥行き29m, 軒高3m,

床面積 217 m²) で実施し、自然換気で管理後、天窗および側窓を閉め、南側の妻面にファン (290m³/min.) 1基、北側の妻面の吸気口により強制的に温室内の空気の流れを作り、温室中央部の地上高 0.8m の風速は 0.3m/sec. とした。計測は、平成 26 年 10 月 17 日に実施し、CO₂濃度は、ワイヤレス CO₂・温度・湿度データロガー (株) T&D 製) を用い地上高 1m の濃度を計測した。

[結果および考察]

自然換気条件下では、徐々に CO₂濃度が低下し、CO₂濃度 376ppm まで低下した。10 時 52 分に強制換気を開始したことで、CO₂濃度は、10 時 59 分には、外気並みの 416ppm まで上昇し、強制換気 (温室内風速 0.3m/sec.) を 7 分間行うことで 40ppm 上昇させることが可能であった (第 18 図)。



第18図 強制換気による CO₂濃度上昇効果

総合考察

細霧冷房の中心粒径は 30 μm~50 μm で、分布が広いため、100 μm 近くの水滴を多く発生する。粒径 100 μm 以上の水滴は気化するまでに 15 秒以上要するため、植物体や作業者が濡れる可能性が高い¹²⁾。一方、超微粒ミストであるドライミストは、ノズルの改良と高圧での噴霧により、非常に細かく (粒径 14 μm~16 μm)、粒径分布が狭い水滴を発生させることができる¹³⁾。細かい水滴のため蒸発が早く、瞬時に熱を奪うことができ、降温効率が極めて良い。

また、水滴の大きさが小さく揃っているため、ノズル直下でもほとんど濡れることが無く、東海地域の商業施設で設置され高い評価を受けている。しかしながら、園芸における閉鎖系温室で適用するには、超微粒ミスト噴射量や換気等の諸条件を検討する必要がある¹⁴⁾。

超微粒ミストと併用した強制換気は、1) 温室内の気流パターンが同一、2) 空気流動による温湿度ムラの解消、病害発生防止、3) 気化効率のアップなどの効果があり¹⁵⁾、超微粒ミストの運転においても、ミストの発停、噴射量の制御が簡易になる特徴を持つ。

今回の研究では、36 個、28 個、20 個の場合を検討した結果、温室内を均等に冷却するには 28 個が有効であり、超微粒ミストノズル設置密度は、吸気側から 5m 以内が 3 m²/個、吸気口側から 5m~10m が 6 m²/個、吸気口側から 10m 以降が 10 m²/個が適当であることを明らかに

した。この条件は低軒高のパイプハウス (軒高 1.8) でも同じ設置条件であることを明らかにしている。この結果を噴霧量で換算すると、吸気側から 5m 以内が 16ml/m²/min.、吸気口側から 5m~10m が 8ml/m²/min.、吸気口側から 10m 以降が 5ml/m²/min. となるが、噴霧量が 50ml/min. である標準ノズルを用いると吸気側のノズル設置密度が高くなり、標準ノズルの倍水量を噴霧できる倍水量ノズルを用いることがコスト削減に有効と考えられる。

自然換気型温室の場合、気温、湿度、日射等のセンシングによる自動制御で、複数系統を用いた噴射量制御となり、導入経費は 10a 当たり 500 万円必要であるが、強制換気型温室の場合は温度制御だけでよく、噴霧量は均一のため複数系統を用いて噴射量を制御する必要がないことから、ポンプ、制御盤および配管のコスト低減が可能である。また、濡れ防止のための停止時間が短くノズル設置数も低減できる。

設置規模を 100 m²から 10a 規模とし、設置密度が高くなる吸気口から 5m までを倍水量ノズルとして 10a 当りの設置コストを試算した結果を第 5 表に、および軒高別の設置方法を第 6 表に示す。間口 20m、奥行き 50m の温室ではノズルと配管が 210 万円、ポンプが 65 万円、制御盤は 10 万円で合計 285 万円 (第 19 図)、間口 33m、奥行き 30m の温室の場合、設置コストは 270 万円と試算した。自然換気条件下より設置コストが 43~46%削減さ

れ、換気扇が設置されている温室では、大幅なコストダウンが可能である。今後、倍水量ノズルによる植物の濡れ等の障害がない噴霧条件が明らかになれば、倍水量ノズルの設置割合が増えることにより、さらなる低コスト化が期待でき普及に向けた検討が必要である。なお、ここまで設置コストについて述べてきたが、機器使用には保守整備が必要であり、設置コストと共に維持コストが低いことも望まれる。ノズル、配管の材質は、ステンレス製品を使用することでこの点でも優位性があると考えられる。更に、倍水量ノズル設置は、特に大規模化が進む施設において、ノズル交換の際にも維持費低コスト化が期待できる。

超微粒ミストによる増収・生育促進効果については、「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（平成21年～23年）において夏期の効果が確認されている¹¹⁾。今回の結果より、春期および秋期に超微粒ミストによる冷却加湿を行うことで切バラおよび鉢物の増収または生育促進効果が確認され、夏期利用だけでなくほぼ周年的に利用できることから、超微粒ミスト装置の効率的な利用が可能となり生産者の増収に繋がる（第7表）。

さらに、強制換気を行うことで、光合成により376ppmまで低下した温室内のCO₂濃度を7分程度で外気近く（416ppm）まで上昇させることが可能であった。CO₂濃

度が300ppm程度から400ppm程度に上昇すると、光合成速度は1.5倍になることから、低下した温室内のCO₂濃度を外気程度まで上昇¹⁰⁾させることで十分な生育促進効果が期待され、超微粒ミストによる加湿をしながら環境にやさしいCO₂施用が可能である。

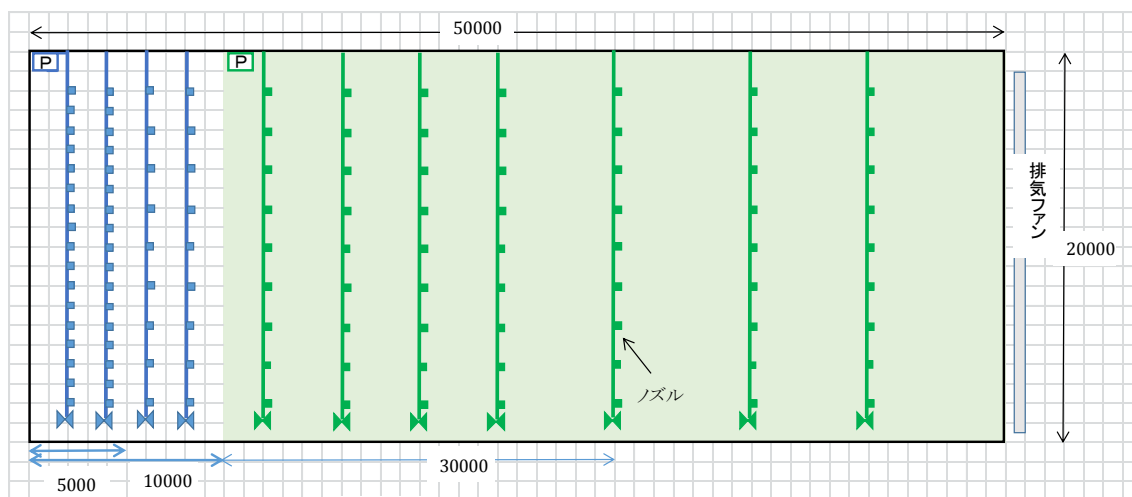
以上の結果、超微粒ミストと強制換気の組合せは、設置コストを下げ、増収または生育促進効果が周年的に期待されることから、費用対効果が高く生産者の増収に繋がる技術として活用できる。

第5表 設置コスト試算

[10a換算]	ハウス奥行き	
	50m	30m
ノズル+配管	210万円	195万円
ポンプ	65万円	65万円
制御盤	10万円	10万円
合計	285万円	270万円

第6表 強制換気条件における軒高別の設置方法

	低軒高ハウス	高軒高温室
軒高[m]	1.8	3.0
ノズル設置高[m]	1.8	2.8
ノズル向き	風下水平	風下30度下方
ノズル設置方法 [l/m ² /min.]	吸気側から5m以内:16ml, 5m~10m:8ml, 10m以降:5ml	
設置コスト [10a換算]	270万円~285万円	



第19図 ノズル設置例(間口20m, 奥行き50m)

第7表 冷却加湿による春秋期の増収・生育促進効果

	春期	秋期
切バラ [収穫本数]	50cm以上:15%増加 60cm以上:140%増加	50cm以上:10%増加 60cm以上:65%増加
鉢物 [生育量]	カラシコエ:26%~33%増加 エラチオールペコニア:6%~19%増加(夏期含む)	カラシコエ:39%~91%増加 ポットローズ:55%増加

引用文献

- 1) 佐藤展之(2010). 夜間冷房によるバラの品質向上. 農業温暖化ネット(社団法人 全国農業改良普及支援協会).
- 2) 花きの現状について(2014). 花き振興セミナー資料. 農林水産省.
- 3) 古佐豊樹ら(2006). 最新施設園芸学. 朝倉書店.
- 4) エベ・フーヴェリンク(2011) トマト オランダの多収技術と理論. 農文協.
- 5) 後藤英司ら. 施設園芸・植物工場ハンドブック. 日本施設園芸協会. 農文協.
- 6) 二村ら(2013). 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. 愛知農総試研報 45. 37-43.
- 7) 樋江井ら(2015). 自然換気下のトマト施設栽培において昇温抑制に及ぼす超微粒ミスト噴霧及び遮光の併用効果. 愛知農総試研報 47. 41-50.
- 8) 加藤ら(2015). イチゴ促成栽培におけるミスト噴霧と CO₂長時間施用が生育・収量に及ぼす影響. 愛知農総試研報 47. 51-60.
- 9) 松古浩樹(2012). バラでのドライミストと根圏冷却栽培システムの活用. 最新農業技術 花卉. Vol. 4, 255-258.
- 10) 松古浩樹ら(2013). 夏期切バラ栽培におけるドライミストと根圏冷却栽培システムの降温効果. 岐阜農技セ研報.
- 11) 農業の新技术(2012). ミストを使った高温対策技術を開発～夏の施設も涼しく収量アップ～. No. 10. 愛知農総試.
- 12) 安井さおりら(2011). 空気中における噴霧水粒子の挙動解析に関する基礎的研究. 日本建築学会近畿支部研究報告集 環境系. Vol. 51, 77-80.
- 13) 原田昌幸ら(2008). 愛知万博がもたらしたものの: ドライミストの蒸散効果を用いた夏季の暑さ対策. 空気調和・衛生工学. Vol. 82(9), 787-791.
- 14) 杉山剛ら(2009). ドライミスト技術の農業ハウス内温度制御への応用に関する研究. 空気調和・衛生工学中部支部研究発表会論文集. No. 10, 179-182.
- 15) 気流・風の制御. 農業技術大系 花卉編 3. 農山漁村文化協会.
- 16) 和田ら(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. 日作紀 79.

Abstract

We studied the effect to reduce the cost of the system and considering the annual utilization technology in combination of ultra-fine mist generating very fine water droplets and forced ventilation. The density of the installation of the ultrafine mist nozzles under forced ventilation was appropriate within 5 meter from the intake side is 16 ml /m²/min. ,the range of 5 meter from 10 meter is 8ml /m² /min. , and without 10 meter is 5 ml /m²/min. . In addition, by adjusting the ventilation rate during summer and autumn, it is possible to control installation only by temperature control without changing the spray amount of dry mist and to reduce the cost of installation. In addition, The cooling and humidifying of the ultrafine mist showed an increase in growth and promotion of cut roses and pot flowers from spring to autumn in addition to summer.

Key words

ultra fine mist, forced ventilation, roses, pots, low cost, annual use