

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

松古浩樹・加藤克彦

Effect of Dry-mist-cooling system and rhizosphere cooling cultivation system of roses in summer

Hiroki Matsufuru and Katsuhiko Kato

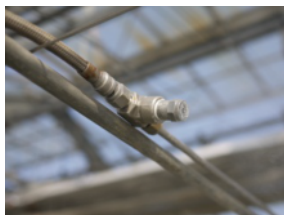
要約 改良型高圧細霧冷房であるドライミストと、気化熱を利用して根圏を冷却する栽培ベンチ（根圏冷却栽培システム）を組合せて夏期切バラ栽培における降温効果を検討した。根圏冷却栽培システムは、ロックウール栽培よりも根圏温度を2~3℃低くする冷却効果を示し、ドライミストはパッド&ファン冷房と同等以上の冷却効果を示した。採花本数は、ドライミストと根圏冷却栽培システムを組み合わせで栽培した場合に、慣行栽培に比べ1.3倍の増収効果が得られ、品質においても切花長が約10cm長く、切花重も約10g重くなり、品質向上効果が得られた。

キーワード：ドライミスト、根圏冷却栽培システム、バラ

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、夜温が25℃以上、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。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とともに、夜間の高温により呼吸消耗が多くなるために、生育が劣ると考えられる¹⁾。また、根域温度が30℃以上になると根が褐変し、根活性が下がり、樹勢の低下を招いている²⁾。

このため、生産・経営の安定には温度の低下、特に昼間の温度を下げる事が喫緊の課題となっており、バラ等ではヒートポンプを利用した夜間冷房を行っているが、昼間での利用はコスト面で採算が合わない。このため、気化熱を利用した冷却システムが現実的で、花き生産を中心にパッド&ファン冷房や細霧冷房が導入されている³⁾。しかし、既存施設への設置が困難であることや、植物体や作業者が濡れることで生じる問題（病害発生への恐れ、不快さ）により普及が進んでいない。そこで、これらの欠点を補うものとして、ドライミスト（改良型高圧細霧冷房：ドライミストは能美防災（株）の商標）について検討した（第1図）。さらに、地上部だけではなく地下部の冷却を目的とした根圏冷却栽培システム



第1図 ドライミストノズル

についても検討した。なお、この研究は「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（2009~2011）」において得られた成果である。

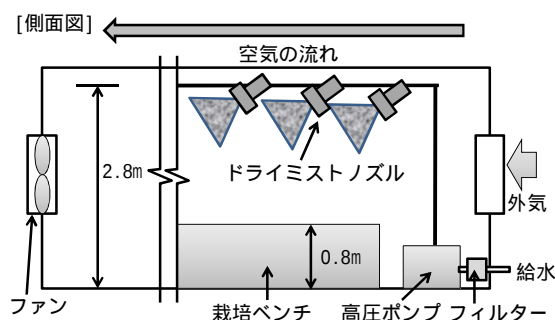
1. 強制換気下におけるドライミストの有効性

[目的]

ガラス温室において強制換気下でのドライミストの有効性を明らかにする。

[材料および方法]

試験は、岐阜県農業技術センターの間口7m、奥行き31.4mのガラス温室（床面積220㎡）で実施し、遮光は40~50%の外部遮光、南側の妻面に2台の換気扇と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（温室内の地上高0.8mの風速は0.5m/秒）を作った。ドライミストはノズルの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。ノズルの噴霧水量は50ml/分で地上高2.8mに設置



第2図 ドライミスト設置温室概要図

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

した(第2図)。温湿度センサーは、温室南北の中央部に等間隔で設置し、地上高0.8mおよび1.8mに設置した。

試験は、2009年にパッド&ファン冷房との比較を検討し、2010年にはノズルの設置角度(風下水平, 風下斜め30度下方)の決定およびノズルの設置位置(均一配置, 吸気側集中配置)・ノズル数(24, 32個)の検討を行った。また、猛暑日のドライミストの降温効果および相対湿度(飽差)への影響についても検討した。

[結果および考察]

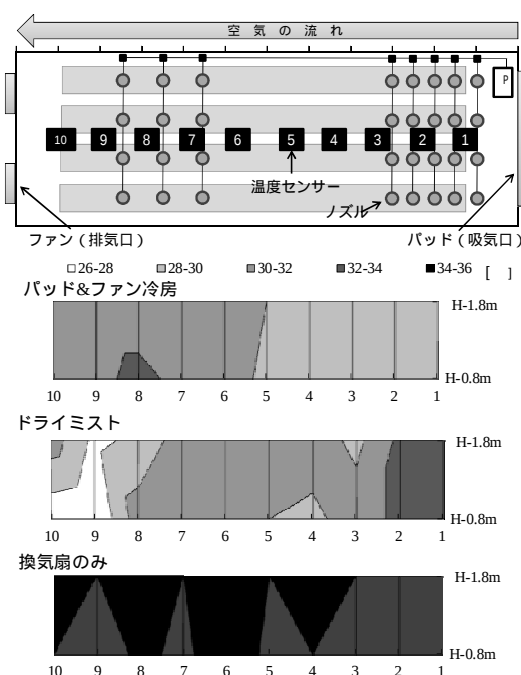
パッド&ファン冷房との比較における温室内温度分布を第3図に示した。外気温が33℃, 換気扇のみの温室内温度が33℃から36℃に分布する条件では、ドライミスト区のノズル設置付近で30℃以下となり、局部的には28℃を下回る降温効果を示した。また、パッド&ファン冷房区では28℃から32℃内で分布し、ドライミストと換気扇の併用は、パッド&ファン冷房と同等の降温効果を示し、局部的には同等以上の降温効果を示した。

ノズルの設置角度における外気温度との温度差分布を第4図に示した。風下水平の設置の場合、降温効果が高い位置は株元の地上高0.8mのセンサー設置位置3から5および地上高1.8mのセンサー設置位置4の場所であり、外気温度より4℃から5℃の降温効果を確認した。一方、風下斜め30度下方の設置の場合は、風下水平と同じくセンサー設置位置4を中心に、最も降温効果を確認したが、降温効果は、風下水平より効果が高く、5℃

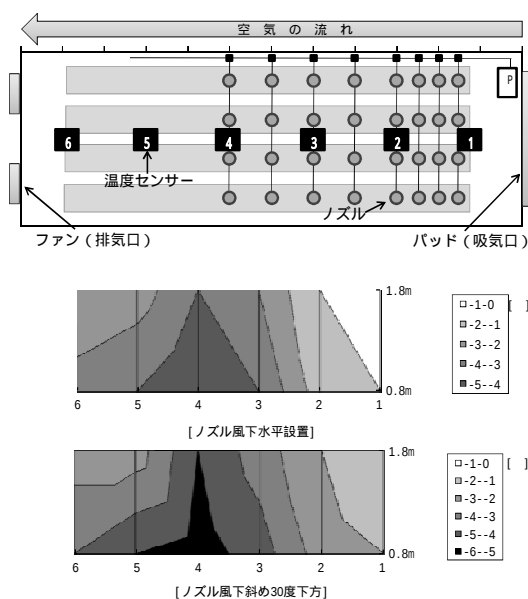
から6℃の降温効果を示した。

ドライミストノズルの設置方法について温室内温度分布を第5図に示した。ノズルを均一に設置すると、吸気側に降温効果が集まり、また、吸気側に集中して設置しても換気扇側の温度上昇は小さいことから、温室全体を均一に降温させるためには吸気側に集中して設置した方が効果的であった。また、ノズルを吸気側に集中させることで、配管コストを低減させることが可能であり、導入コストの面でも低コスト化が可能であった。吸気側に集中設置するノズル数については、約220m²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った。

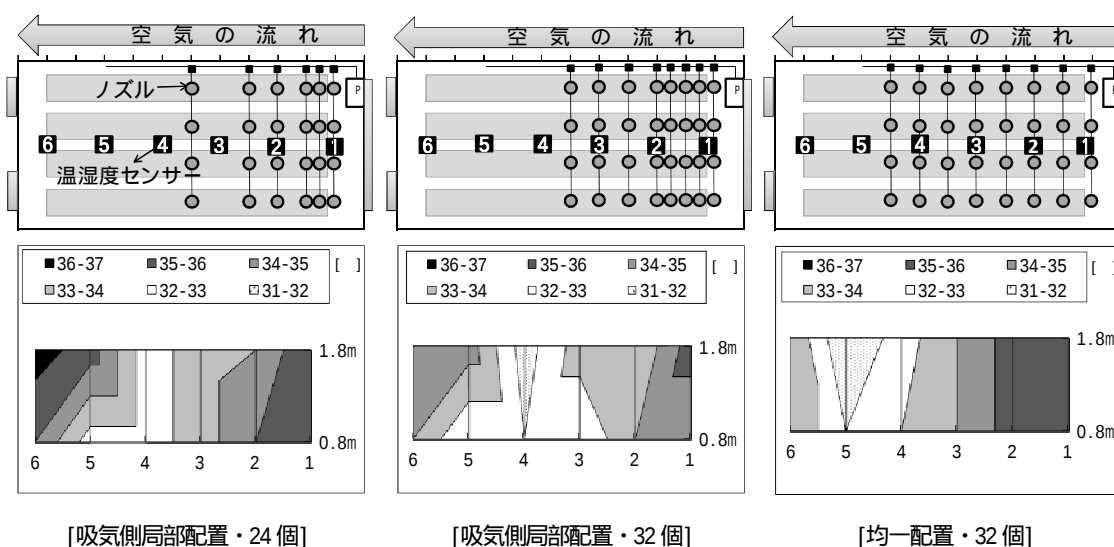
猛暑日を記録した2010年7月23日から25日までについて、外気とドライミストを作動した温室内の温度、相対湿度および飽差の推移を第6図に示した。外気の最高温度が約38℃の時、温室内は31℃から32℃で推移しており、ドライミストは外気より6℃から7℃低下する降温効果を示した。空気相対湿度(飽差)については、外気の最低相対湿度が40%から50%(飽差は3kPaから3.5kPa)である時、温室内は70%から80%(飽差は1kPaから1.5kPa)で推移した。相対湿度が低いと蒸散が過剰となり、植物は蒸散を抑制するために気孔を閉鎖し、葉内のCO₂濃度が低下して光合成速度は低下する³⁾⁴⁾。最適条件は、相対湿度が65-75%、飽差は0.7-1kPa程度であり、ドライミストにより夏期の相対湿度(飽差)を最適化させる効果を確認した。



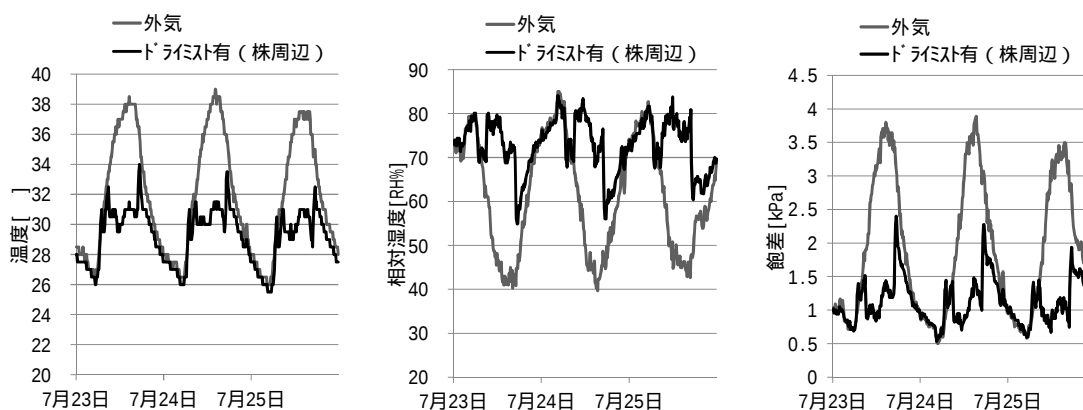
第3図 ドライミストとパッド&ファン冷房の比較



第4図 ノズル設置角度における降温効果



第5図 ノズルの設置位置およびノズル数の効果



第6図 猛暑日におけるドライミストの温湿度、飽差への効果

2. 根圏冷却栽培システムの養液濃度および培地組成の決定

[目的]

根圏冷却栽培システムに適した養液濃度および培地組成を明らかにする。

[材料および方法]

根圏冷却栽培システムは、直径 19mm の丸パイプを用い、幅 15cm、高さ 80cm に組合せ、ベンチ上部の水平直管パイプに培地の深さが7.5cm程度になるように不織布シートを設置し、培地（用土）を充填した（第7図）。

養液濃度の試験は、ロックウール栽培における慣行の養液組成で、養液濃度を 80%および 120%に設定して切バラ品質への影響を調査した。

培地組成の試験は、ピートモス主体用土、ピートモス主体用土+パーライト混合（容積比 30%）、ココピート主体用土、ココピート主体用土+パーライト混合（容積

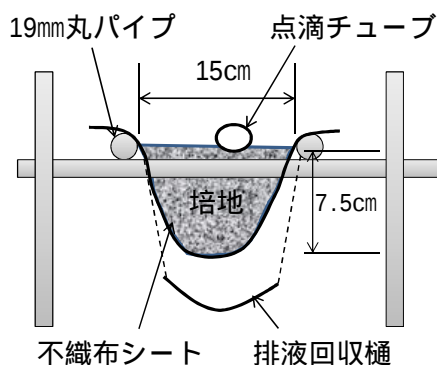
比 30%）の 4 区を設定し、慣行はロックウール栽培とした。調査項目は、切バラ品質（切花長、葉数、茎太、花首長）および収量とした。

[結果および考察]

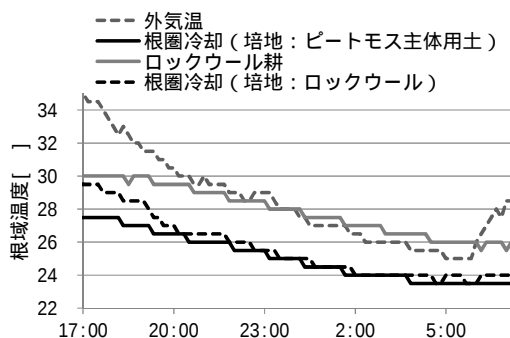
養液濃度については、60cm 以上の切花長の割合が慣行区で 78%に対し、慣行の 80%養液濃度区が 69%、120%養液濃度区は 46%であった（第8図）。収量、葉数、茎太、花首長は慣行区とほぼ同等であった（データ省略）。以上の結果より、根圏冷却栽培システムの養液濃度については 60cm 以上の切花長の割合が慣行よりもやや減少する傾向は見られるが、その他の品質および収量に差がないことから、環境負荷低減とコストの観点より慣行の 80%濃度が適すると考えられた。

培地組成については、60cm 以上の切花長の割合が慣行区では 4%に対し、ピートモス主体用土区が 21%、ピートモス主体用土にパーライトを混合した区では 51%であっ

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



第7図 根圏冷却栽培システム

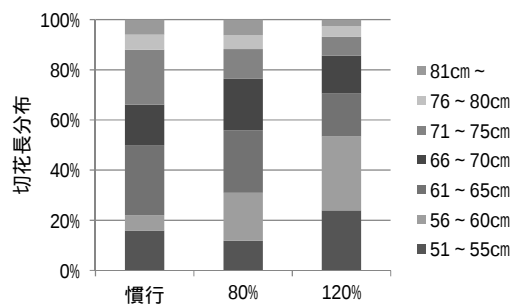


第10図 根圏冷却栽培システムの降温効果

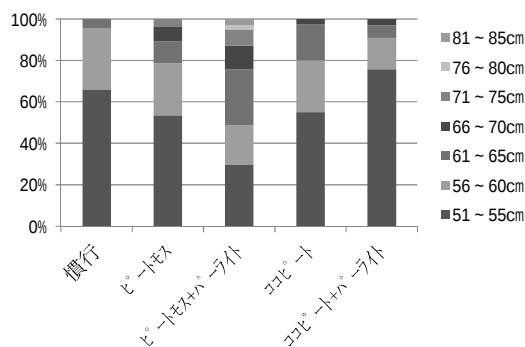
た(第9図)。収量, 葉数, 茎太, 花首長は慣行とほぼ同じであった(データ省略)。以上の結果より, 用土組成は, ピートモス主体の用土にパーライトを30%混合した培地が最適であった。

3. 根圏冷却栽培システムとドライミストの組合せ効果 [目的]

ガラス温室における, 根圏冷却栽培システムの培地冷却効果とドライミストとの組合せによる降温効果を明らかにする。



第8図 養液濃度別の切花長分布



第9図 用土組成別の切花長分布

第1表 ドライミストと根圏冷却栽培システムの組合せによる根域の降温効果(6月28日~8月22日)

ドライミスト 栽培システム		30 以上日数
有	根圏冷却	10 (17.9)
有	ロックウール	32 (57.1)
無	根圏冷却	24 (42.9)
無	ロックウール	36 (64.3)

注()内は調査日数(56日)に対する30 以上日数の割合

[材料および方法]

冷却効果については, 2010年8月17日から18日にかけて行い, 従来栽培法であるロックウール栽培と根圏冷却栽培システムの培地中温度を比較した。培地は, ピートモス主体用土およびロックウールを用いた。

2011年の6月28日から8月22日までの56日間の内, 根域に褐変等の障害が出る地温 30 以上の日数を調査した。培地中の温度センサーの設置位置は, 根域エリア内で温室内の温度変化の影響を受けない深度 6cm とした。

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

[結果および考察]

ドライミストの停止時間帯である夜間の培地温度（深度 6cm）は、ロックウール栽培区より根圏冷却栽培システム区での降温効果が高く、2 から 3 程度低く推移した。根圏冷却栽培システムの培地をロックウールとしても、同等の効果が得られ、根圏冷却栽培システムの気化熱効果により根域温度を下げる事が可能であった（第 10 図）。

ドライミストとの組合せた場合に、30 以上の日数は調査した 56 日間の内、ドライミスト無しのロックウール栽培区が 36 日（64.3%）に対し、ドライミストと根圏冷却栽培システムの組合せ区は 10 日（17.9%）となり、地温の降温効果が得られた（第 1 表）。

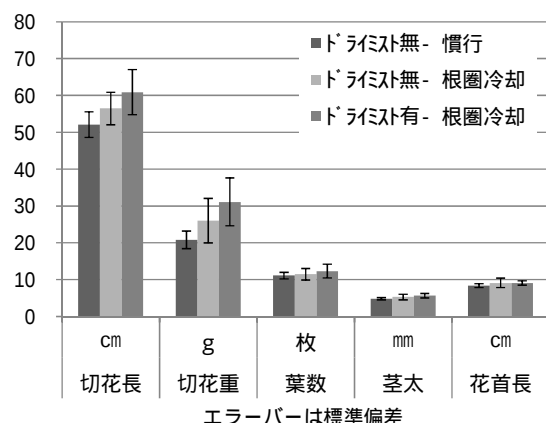
4. 切バラの品質向上および増収効果

[目的]

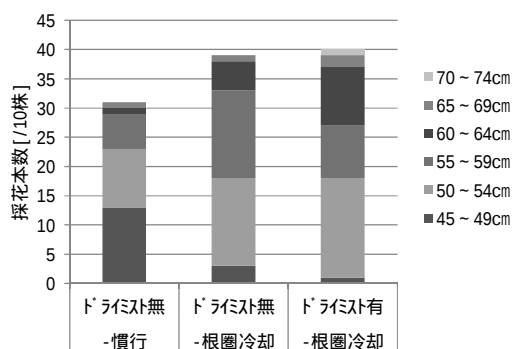
ドライミストと根圏冷却栽培システムの組合せにおける切バラの品質向上および増収効果を明らかにする。

[材料および方法]

供試品種は「ローテローゼ」を用い、同化専用枝を折



第 11 図 切花品質への影響（2010 年）



第 12 図 切花収量への影響（2011 年）

り曲げる仕立てとした。試験は 2010 年～2011 年に実施し、1 年目は、切花品質（切花長、切花重、葉数、花首長、茎太）、2 年目は採花本数を調査した。同化専用枝の折り曲げは 7 月上旬、収穫は 8 月中旬までとした。

[結果および考察]

切花品質の調査では、ドライミスト無しの慣行区に比べ、ドライミストと根圏冷却栽培システムの組合せ区は切花長が 10cm 程度長く、切花重は 10g 程度増加する品質向上効果を示した（第 11 図）。

採花本数は、ドライミストと根圏冷却栽培システムの組合せ区では、10 株当たり 40 本と、ドライミスト無しの慣行区に比べ 1.3 倍となった。ドライミスト無しの慣行区では、切花長が 40cm から 50cm 程度のものであったのに対し、ドライミストと根圏冷却栽培システムの組合せ区では、60cm 以上の割合が増加した（第 12 図）。

総合考察

細霧冷房の中心粒径は 30～50μm で分布が広いため、100μm 近くの水滴を多く発生する。粒径 100μm 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⁵⁾。一方、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 14～16μm）、粒径分布が狭い水滴を発生させることができる。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、ドライミスト噴射量や換気等の諸条件を検討する必要があった^{6) 7)}。

ドライ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⁸⁾、ドライ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。

地温の上昇による根活性の低下に対しては、根域の冷却が重要となるが、ドライミストのみでは対応が困難であると考えられる。根圏冷却栽培システムは、上部からの給水により不織布から染み出る水分の気化熱により根圏を冷却する栽培システムである。イチゴ等の作物では、すでに、実用化されている⁹⁾。

今回の研究では、強制換気下で温室内を均一に効果的に冷却するためのドライミストの設置方法を確立し、ドライミストは外気より 6 から 7 低下させる降温効果と相対湿度（飽差）の最適条件である相対湿度 65%から

75%, 飽差は0.7kPaから1kPa程度に近づける結果を示した。根圏冷却栽培システムは、夜間の根圏温度を2から3低下させる降温効果を示し、ドライミストと組み合わせることで、根域に褐変等の障害が出る地温30以上の日数を大幅に減少させる効果を示した。ドライミストと根圏冷却栽培システムを組み合わせることで、切バラ品質の向上および収量を増加させる効果を示し、夏期バラ栽培の冷房技術として有効性が明らかとなった。

ドライミストは温室、パイプハウスの大きさに合わせて設置が可能で、ランニングコストについては、水道代(地下水の場合は給水ポンプの電気代)および高圧ポンプの電気代だけであり、ヒートポンプの冷房より低コストである。現段階のイニシャルコストは、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、10a当たり500万円である。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ので、導入コスト全体で20%以上のコストダウンが可能となる¹⁰⁾。今後は、さらに、ノズルの改良、ミスト噴射条件、配管の改良等による大幅なコストダウンも可能と考えられ、普及に向けた検討が必要である。

根圏冷却栽培システムは、丸パイプと不織布を用いた栽培ベンチであり、非常に低コストで設置が可能である。切花本数の結果では、50cm以上の切花を増加させる効果があり、根域の冷却を重点に置く場合は根圏冷却栽培システムのための設置が有効である。

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) 原靖英ら(2009) バラの夏期培地冷却が収量および切り花品質に及ぼす影響。園学。Vol.8(2), 321。
- 3) 古佐豊樹ら(2006) 最新施設園芸学。朝倉書店。
- 4) エペ・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) 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。
- 6) 原田豊樹ら(2009) 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。Vol.82(9), 787-791。
- 7) 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。
- 8) 気流・風の制御。農業技術大系 花卉編3。農山漁村文化協会。
- 9) 越川兼行・安田雅晴(2008) 不織布製ポットを利用したイチゴのポット耕栽培の開発。岐阜農技セ研報。
- 10) 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。

Abstract

We studied the effect to lower summer temperature lowering in combination of dry-type mist, which is the improved high-pressure fine mist cooling system, and the cultivation bench to cool the rhizosphere by using the vaporization heat (cooling rhizosphere cropping systems). Cooling effect with cooling rhizosphere cropping systems is 2 to 3 degree lower than rock wool cultivation system, the dry mist showed a cooling effect equal to or greater than the cooling pad and fan. In regards of the number of flowers, it is 40 per 10 shares by combining the cultivation bench with dry-type mist and it is 1.3 times than the normal cultivation. Furthermore, the cut flowers of combination system showed the quality improvement effect that became about 10 g heavy and long about 10cm.

Key words

Dry-mist-cooling system, cooling rhizosphere cropping systems, Roses