

超微粒ミスト噴霧が夏期の施設環境および花壇苗の生育に及ぼす影響

池内 都¹⁾・二村幹雄²⁾・山口徳之³⁾・平野哲司⁴⁾・大石一史¹⁾

摘要：夏期に花壇苗を栽培する場合、高温のため出荷率が低下する。そこで温室内の気温を下げる技術として超微粒ミスト(ドライミスト)に着目し、施設環境に及ぼす影響と、花壇苗の生育・開花に与える効果を明らかにした。

超微粒ミストを噴霧すると、気温は平均3℃低下し、セル苗のアネモネ等は成苗率が向上し、ポット苗のパンジー等は生育と開花が促進され、出荷期が前進した。

キーワード：超微粒ミスト、花壇苗、高温対策

Effect of Super Micro Mist Spraying on Greenhouse Environment and Growth of Pot Plants in Summer

IKEUCHI Miyako, NIMURA Mikio, YAMAGUCHI Noriyuki, HIRANO Tetuji
and OHISHI Kazushi

Abstract: When pot plants are grown at high temperature in summer, their shipment rate decreased. Hence, super micro mist spraying that lowers the temperature of greenhouses is used. The objective of this study was to elucidate the effect of super micro mist spraying on greenhouse environment (temperature, humidity), plant growth, and bloom in summer. The results were as follows.

The average temperature of the greenhouse was reduced by 3°C by using the super micro mist spray. The survival rate, growth, and bloom improved in the cell seedlings (anemone, etc.), and the growth of pot seedlings (garden pansy, etc.) was promoted. Therefore, pot plants could be shipped for export.

Key Words: Super micro mist, Pot plant, Countermeasure to heat

本研究の一部は、平成23年園芸学会春季大会(2011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(現企画普及部) ²⁾ 園芸研究部(現東三河農業研究所)

³⁾ 園芸研究部(現園芸農産課) ⁴⁾ 園芸研究部

(2012.10.1 受理)

緒言

パンジーを始めとする秋から冬に出荷する花壇苗の栽培では、最も高温になる7月から8月に播種及び育苗を行う。しかし、暑さに弱い種類が多いため、栽培中の品質低下や枯死で出荷率が低下しており、対策技術が求められている。

そこで、高温期に施設内の気温を低下させ、健全に栽培できる技術として、超微粒ミストに着目した。超微粒ミストは粒径が14 μm と非常に細かく、しかも水滴の大きさが揃っているため、従来粒径100 μm 以上の細霧冷房よりも水滴の蒸発が早く、屋外では昇温抑制効果が極めて高い¹⁾。そのため、噴霧中でもノズルの直下の植物や人は濡れないため、病害が発生しにくく、噴霧中の作業でも不快感はない。

しかし、超微粒ミストは本来、屋外の開かれた空間で使用することを目的として開発されており屋外での効果は実証されているが¹⁾、温室のような閉じられた空間での使用例は今までなかった。そのため、温室内での昇温抑制効果は明確ではない。また、施設園芸で使用した場合、植物に対する効果も明確ではない。

そこで、超微粒ミストが昼間の施設環境に及ぼす影響と花壇苗の生育・開花に及ぼす影響を明確にすることを目的として試験を実施した。超微粒ミスト噴霧期間中の温室内の環境調査を行うと同時に、パンジーはじめ5品目の花壇苗を用いて生育調査を行い昇温抑制効果の検証を行った。同一温室内でミスト区と対照区の環境データと植物の生育の比較を行うため、ミスト区となる栽培ベンチの上部のみ超微粒ミストを噴霧する局所使用を行った。また、予備試験では、超微粒ミストの噴霧により日中の温室でも32℃程度まで抑制できたので、稼働条件は栽培ベンチ上の気温が32℃以上で噴霧開始とした。この結果からいくつかの知見が得られたので報告する。

材料及び方法

1 超微粒ミストが栽培ベンチ周辺の環境に及ぼす影響

試験に用いた栽培ベンチは幅1.2 mで長さ2 m、高さ90 cmで、3台を間隔を開けず縦に設置した(図1)。超微粒ミストはベンチの長辺と平行に設置し(図1)、栽培ベンチから高さ60 cm、ノズルの間隔は1 mで上向き45度に設置した(図2)。ミストの稼働、停止は温度で制御し、農電電子サーモ(日本ノーデン(株)、東京)を用いて32℃以上で稼働し、天窗・側窓は開放状態とした。稼働及び停止を制御する農電電子サーモの温度センサーの位置は、ミスト区のベンチ中央高さ10 cmとした(図2)。ノズルの噴霧量は50 ml/分で、ノズル数は、試験区のベンチ面積7.2 m^2 当たり6個使用した。超微粒ミストの噴霧は、2010年は6月10日から9月30日まで面積100 m^2 、軒高2.4 m、棟高4.5 mの無遮光ポリ

カーボネートハウスで行い(図1)、2011年は7月5日から9月30日まで面積100 m^2 、軒高2.4 m、棟高4.5 mの無遮光ガラス温室で行った(図3)。ベンチ上の気温、相対湿度は、データロガー(株式会社T&D、長野)を用いてベンチ上10 cmの高さで5分間隔で測定し(図2)、ミスト区と無処理区の比較には8時から18時までのデータを用いた。ベンチ上の飽差²⁾は気温と相対湿度から算出し、8時から18時のデータを比較した。無処理区はミスト区と同じ温室に設置し、超微粒ミストの影響を受けないように2010年は東側に3 m離してベンチを設置した(図1)。温湿度の測定方法と測定位置はミスト区と同様とした。

超微粒ミストの噴霧下の照度を測定し、無処理区の照度と比較した。ガラス温室(ミストの設置条件及び噴霧条件は温湿度の測定と同様)の北側ベンチをミスト区、50 cmあけて南側ベンチを無処理区とし、栽培ベンチ上に照度ロガー(HIOKI株式会社、長野)を設置し(図3)、2011年8月11日から13日まで8時から18時に5分間隔で測定した。また、照度測定と同期日にミスト区と無処理区のベンチ上の気温を測定した。

2 超微粒ミストがセル育苗中の花壇苗の生育に及ぼす影響

供試品種は、パンジー「マトリックスイエロー」、アネモネ「モナリザ」、ポピー「シャンパンバブル」、シロタエギク「ダスティミラー」を用いた。アネモネ、ポピー、シロタエギクは2010年6月22日、パンジーは2010年7月20日に288穴のセルトレーに播種した。試験期間中のかん水はEbb&Flow方式による底面給水で行った。超微粒ミストの使用開始は、アネモネ、ポピー、

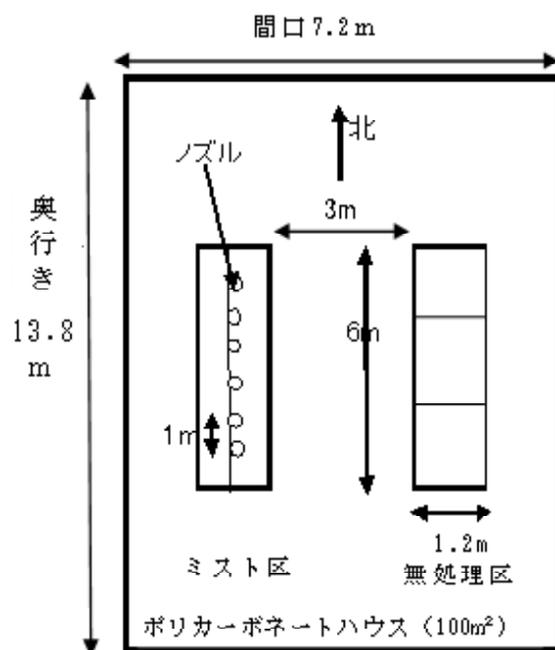


図1 試験温室のベンチ配置 (2010年)

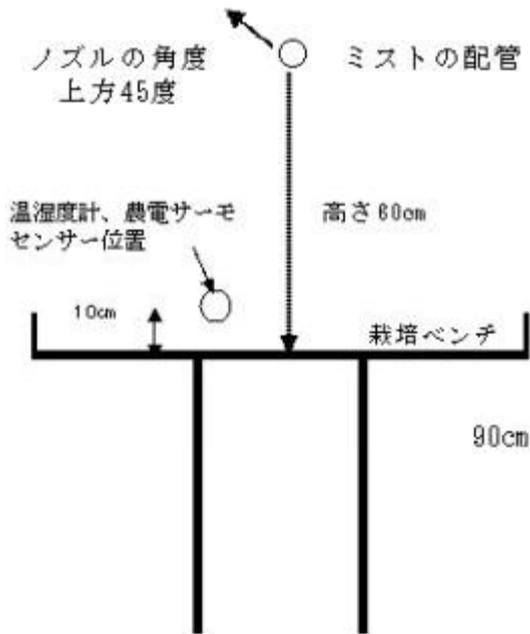


図2 超微粒ミスト設置状況の模式図

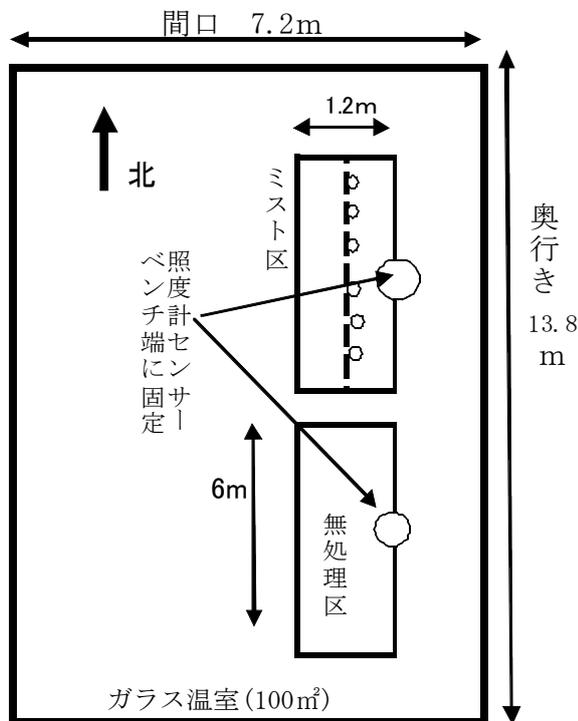


図3 試験温室のベンチ配置 (2011年)

シロタエギクが7月15日、パンジーが7月26日で、試験区の構成は超微粒ミストの有無により2区とした。超微粒ミストの稼働及び設置条件は試験1と同様で行い、セルトレーから3号ポットに定植できる苗を成苗とし、8月11日に成苗率を調査した。

3 定植後の花壇苗の生育・開花に対する効果の検証

供試品種はパンジー「マトリックスイエロー」、プリムラ・ジュリアン「アリアン」を用いた。パンジーは2010年7月20日に播種、8月13日に3号黒色ポリポットに定植、プリムラ・ジュリアンは2010年7月15日に播種、9月9日に3号黒色ポリポットに定植した。試験期間中のかん水は、Ebb&Flow方式による底面給水で行った。定植直後から超微粒ミストを使用し、試験を行った。試験区の構成は、超微粒ミストの有無により2区とし、超微粒ミストの稼働条件及び設置条件は試験1と同様とした。調査項目は開花率、活着率、草丈、株幅、成品率とし、パンジーは10月1日、プリムラは11月12日に調査を行った。パンジー及びプリムラの出荷時の生育基準は1輪開花で草丈、株幅が10 cm以上とし、これを満たす株を成品として成品率を調査した。

結果

1 超微粒ミストが栽培ベンチ上の環境に及ぼす影響

2010年7月1日から9月30日までのベンチ上の日中(8時から18時、以下同様)の平均気温を示した(図4)。調査期間中はミスト区の日中平均気温が無処理区の日中平均気温を下回った。両区の気温差は一定ではなく時期によって異なり、7月20日から7月26日は超微粒ミストを噴霧しても日中平均気温が36℃以上であったが、無処理区は40℃以上となり気温差は約4℃であった。旬別に比較すると7月下旬の温度差が4.7℃と最も大きく、7月上旬と8月、9月上旬の温度差は概ね2℃となった。9月の下旬ではミスト区と無処理区の温度差は小さくなった(表1)。

7月下旬の8時から18時のベンチ上の平均気温の経時変化を図5に示した。測定開始の8時ですでに両区の間には2℃もの温度差が見られた。無処理区のベンチは12時から13時の間に温室中央上部に東側にある遮光カーテンの影に入るため平均気温は下がるが、17時まではミスト区の方が2℃以上低くなった。

8月下旬の経時変化は7月下旬と同じような傾向で、無処理区が影になる12時から13時を除いて、8時から17時頃まではミスト区の方が2℃以上低くなった(図6)。

7月1日から9月30日のベンチ上の日中平均飽差を図7に示した。調査期間中の日中平均飽差は、概ねミスト区で低くなった。なかでも7月22日から26日の間と8月2日は両区の差が大きくミスト区が2 kPa以上低くなった。その他の期間はミスト区が0.5~1 kPa程度低くなった。旬別の日中平均飽差も9月の中旬までミ

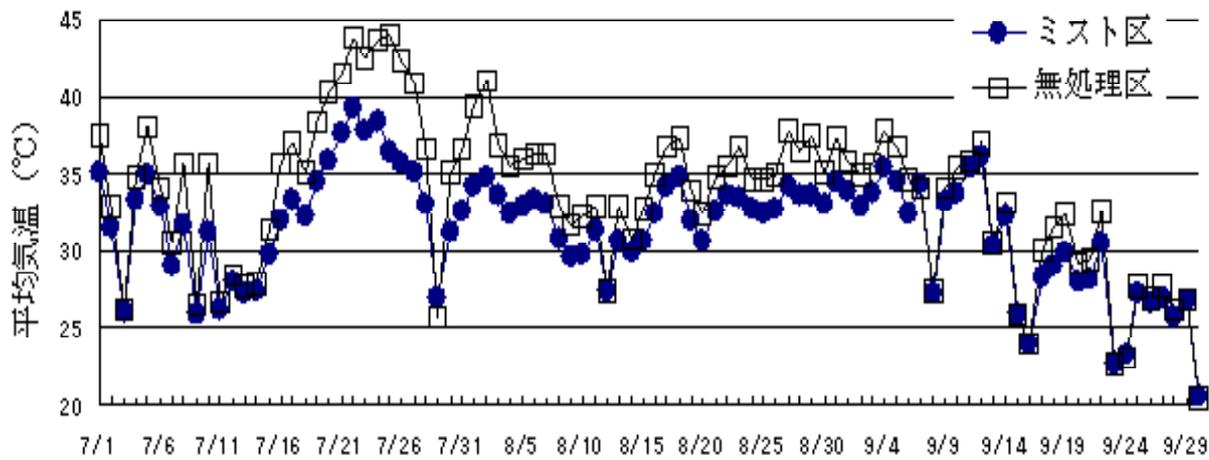


図4 超微粒ミストの有無によるベンチ上の日中平均気温（2010年7月1日～9月30日、8時～18時測定）

表1 ベンチ上の旬別日中平均気温(°C) (2010年 8時～18時測定)

試験区	7月上旬	7月中旬	7月下旬	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬
ミスト区	31.5	30.6	36.5	31.4	31.7	33.0	34.1	29.9	25.9
無処理区	34.7	32.9	41.2	34.2	33.7	35.4	36.2	31.0	26.4

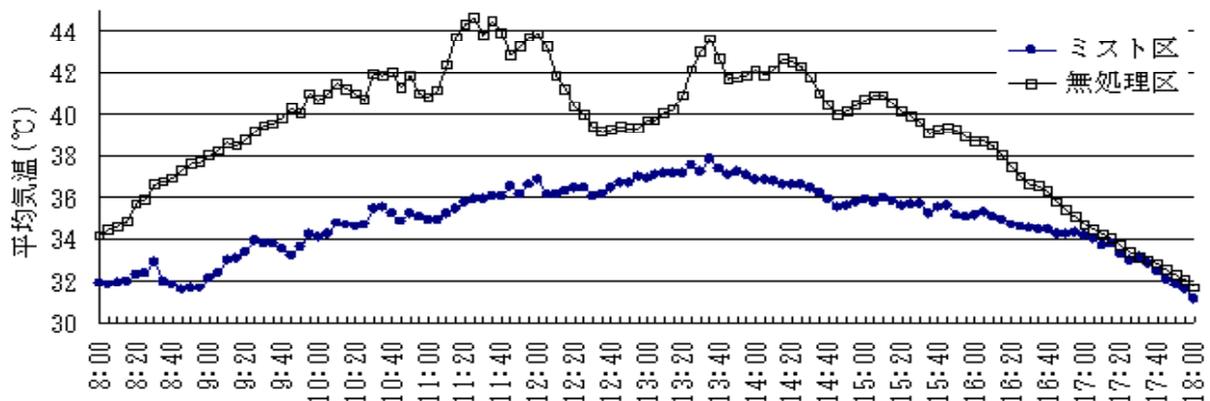


図5 7月下旬のベンチ上日中平均気温の経時変化（2010年）

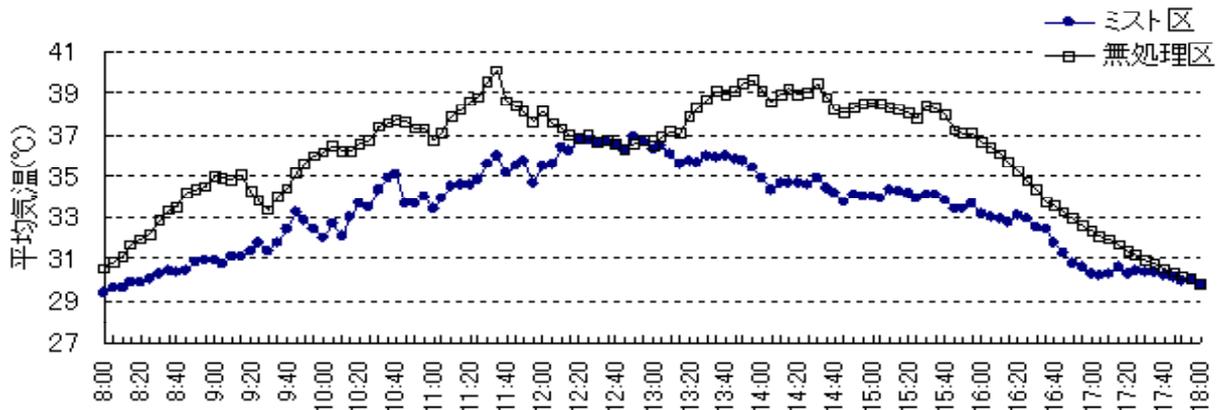


図6 8月下旬のベンチ上日中平均気温の経時変化（2010年）

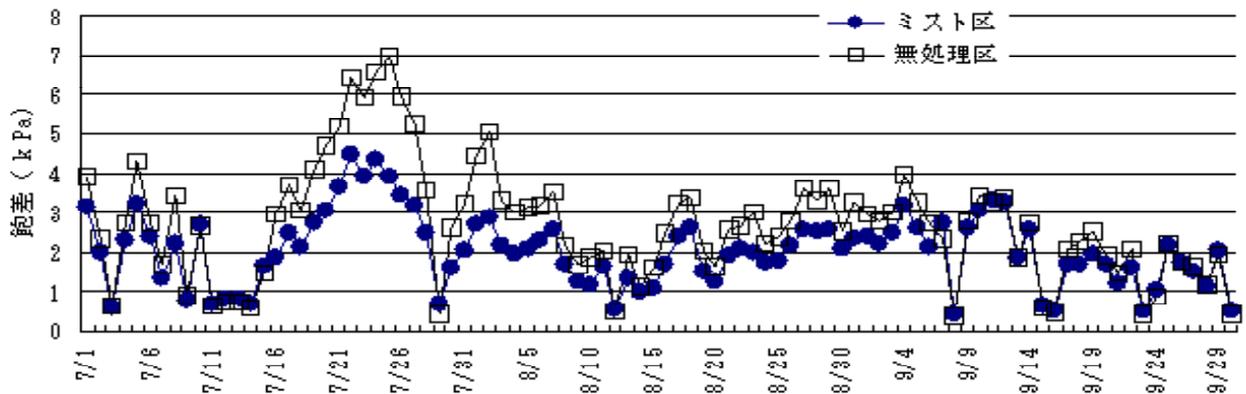


図7 超微粒ミストの有無によるベンチ上の日中平均飽差（2010年7月1日～9月30日、8時～18時測定）

表2 ベンチ上の旬別日中平均飽差（kPa）（2010年8時～18時測定）

試験区	7月上旬	7月中旬	7月下旬	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬
ミスト区	2.1	1.7	3.1	2.1	1.5	2.2	2.4	1.9	1.4
無処理区	2.5	2.3	4.7	3.1	2.0	2.9	2.8	2.1	1.4

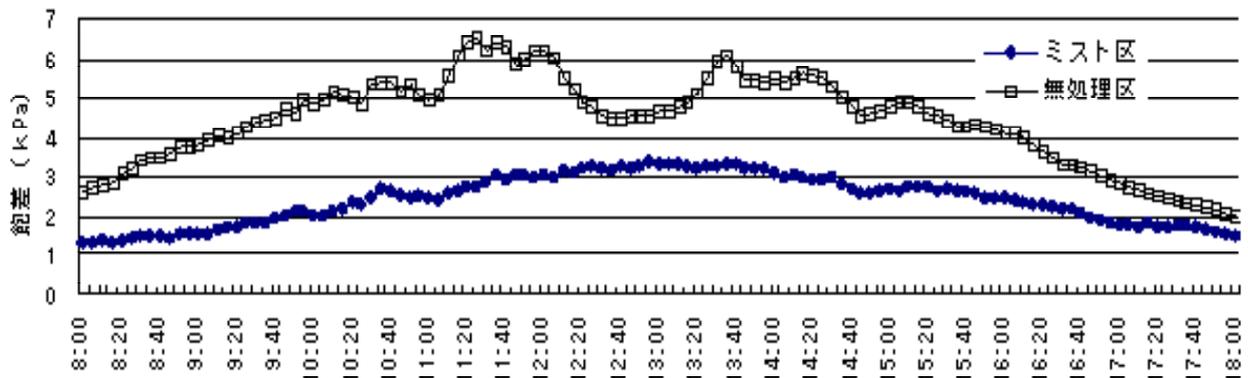


図8 7月下旬のベンチ上の平均日中飽差の経時変化（2010年）

スト区が小さくなった（表2）。

7月下旬の8時から18時のベンチ上の平均飽差の経時変化を図8に示した。ミスト区は測定時間内は約3 kPa以下となったのに対し、無処理区は9時から16時まで4 kPa以上でミスト区の方が低く推移した。13時を中心に前後1時間に無処理区の飽差が下がったのは、ベンチが束ねた遮光カーテンの影にはいるためである。8月下旬も同様な傾向で8時から18時のミスト区の平均飽差は3 kPa未満で、無処理区は10時から16時まで3 kPa以上となり、ミスト区が低く推移した（図9）。

2011年8月12日のベンチ上の照度の経時変化を図10に示した。ミスト区と無処理区の間では照度の変動に時間的なずれはあるものの照度に大きな違いはなかった。さらに8月11日、12日、13日の積算照度とその平

均を比較しても、ミスト区の照度がやや高めではあるものの大きな違いは無かった（表3）。8月12日のミスト区と無処理区の気温差の経時変化を比較すると、概ねミスト区の方が低く推移した（図11）。

2 超微粒ミストがセル育苗中の花壇苗の生育に及ぼす影響

花壇苗の成苗率を表4に示した。アネモネの成苗率はミスト区が94%、無処理区が0%であった。ポピーはミスト区が42%、無処理区が0%であった。また、シロタエギクはミスト区が73%、無処理区が64%で、パンジーはミスト区が81%、無処理区が64%となり、どの品目もミスト区で成苗率が高くなった。しかし、ポピーはミスト区でも成苗率が50%未満で、他の品目

に比べると成苗率が低くなった。

3 定植後の花壇苗の生育・開花に対する効果の検証

パンジーの定植48日後の開花、生育、成品率の調査結果を表5に示した。開花率は、ミスト区が100%となったが、無処理区では25%にとどまり、活着率はミスト区が96%、無処理区が79%でいずれもミスト区が高くなった。無処理区の平均草丈も平均株幅も10 cm未満で、ミスト区との間に5%水準で有意差があった。成品率を調査したところ、ミスト区は67%であったのに対し、無処理区は0%であった。パンジーの第一花の開花率の推移をみると、ミスト区では定植40日後には90%以上が開花したが、無処理区は開花の開始が遅れた

うえ、開花しなかった株が多く、調査終了時でも25%しか開花しなかった(図12)。

プリムラ・ジュリアンの開花、生育、成品率の調査結果を表6に示した。開花率がミスト区で42%、無処理区ではまったく開花しなかった。平均株幅でも差が見られ、ミスト区は13.9 cmであったが、無処理区は9.5 cmであった。ミスト区の開花株はすべて株幅が出荷基準を満たしており、成品率と開花率は等しくなった。無処理区は生育・開花とも遅れ、成品率は0%となった。

プリムラの第一花の開花率の推移を見ると、ミスト区は11月1日から25%が開花しており、中旬以降から開花率がさらに上昇した(図13)。

表3 ベンチ上の積算照度(klx)

試験区	8月11日	8月12日	8月13日	平均
ミスト区	3345.7	4501.5	3693.5	3846.9
無処理区	3385.7	4345.4	3600.6	3777.2

注)2011年8月11日から12日の8時から18時に測定

表4 ミストの有無が成苗率(%)に及ぼす影響

試験区	アネモネ	ポピー	シロタエギク	パンジー
ミスト区	94	42	73	81
無処理区	0	0	64	64

表5 パンジーの開花・生育調査結果及び成品率

試験区	開花率(%)	活着率(%)	草丈(cm)	株幅(cm)	成品率(%)
ミスト区	100	96	15.5a	12.8a	67
無処理区	25	79	7.1b	6.4b	0

注)異符号間に5%水準で有意差あり。

表6 プリムラの開花・生育結果及び成品率

試験区	開花率(%)	株幅(cm)	成品率(%)
ミスト区	42	13.9	42
無処理区	0	9.5	0

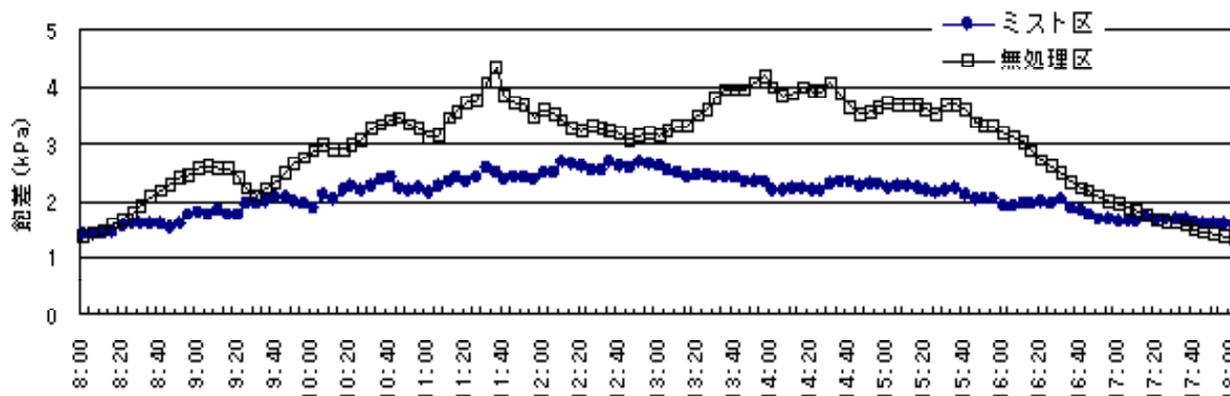


図9 8月下旬のベンチ上の平均日中飽差の経時変化(2010年)

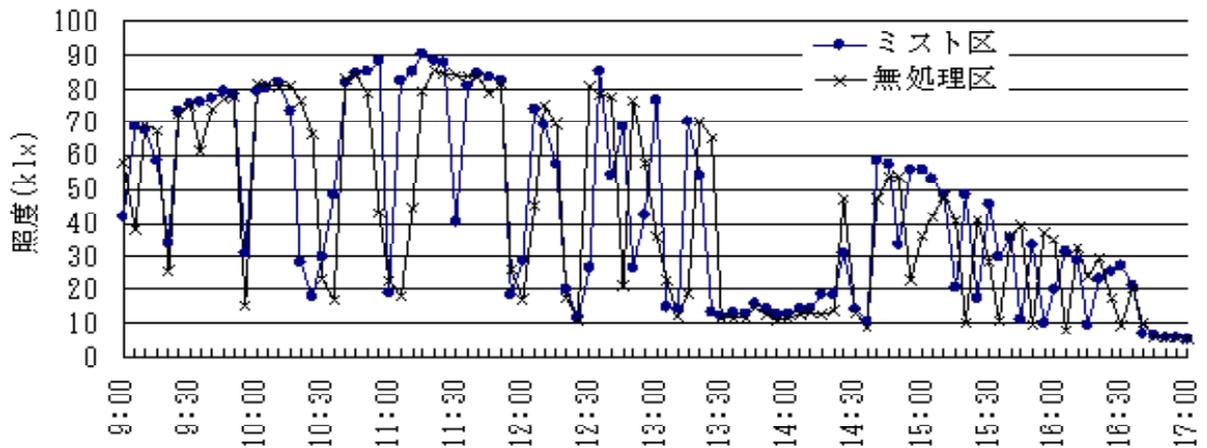


図10 ベンチ上の日中照度(2011年8月12日)

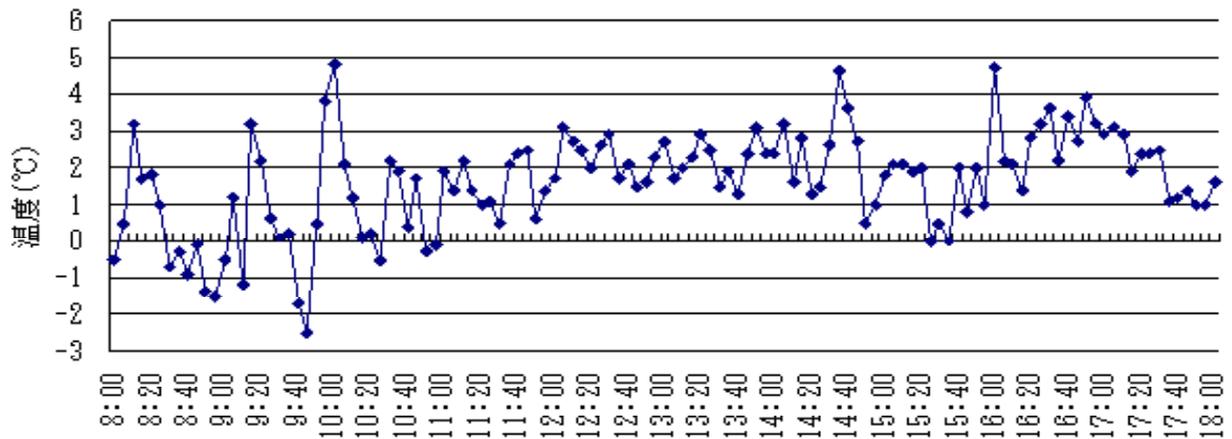


図11 ミスト区と無処理区の気温差(2011年8月12日)

注) 気温差は無処理区のデータからミスト区のデータを減じた。

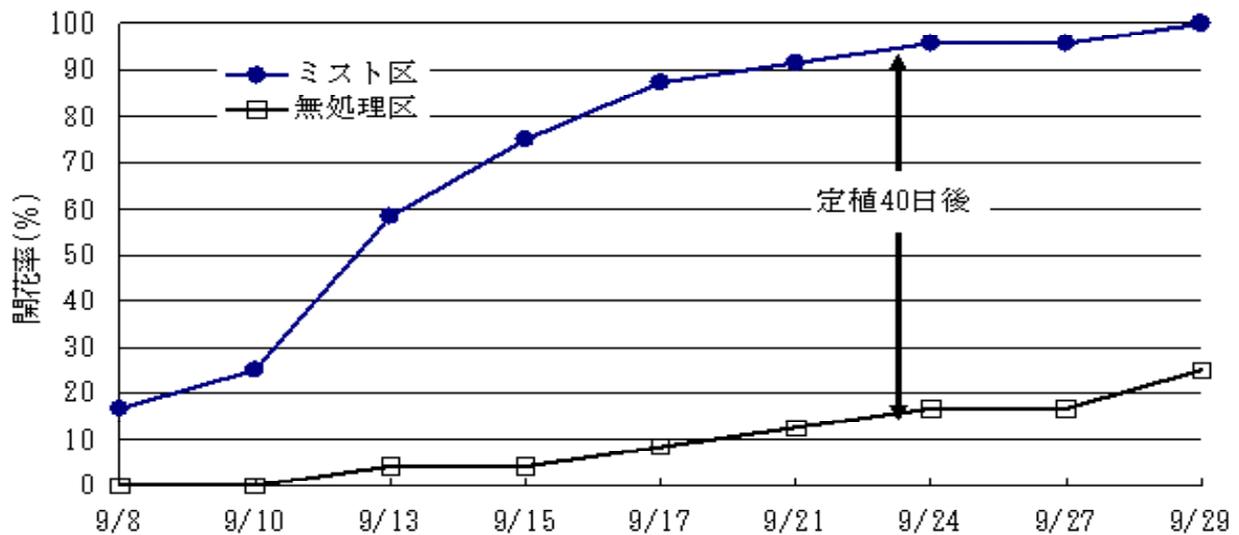


図12 パンジーの第一花開花率の推移

注) 開花率=第一花開花鉢数/供試鉢数

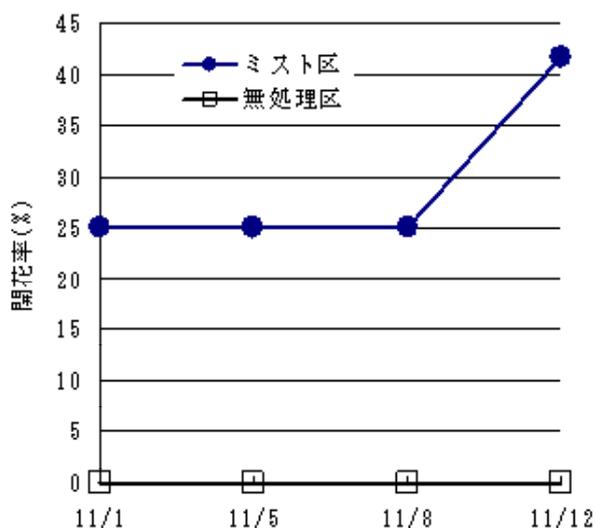


図13 プリムラの第一花開花率の推移

考 察

本試験では、超微粒ミストの噴霧を栽培ベンチ上部に限定しており、温室全体で超微粒ミストを噴霧する場合より、噴霧を停止している間の温度が上昇しやすいと考えられたが、調査期間全般でミスト区ベンチ上の気温は平均2～3℃程度下がっており、局所的な使用での超微粒ミストの有効性を実証した。

パンジーやプリムラ・ジュリアンは生育適温が15～25℃で、耐暑性が低く、7月から9月の平坦地での栽培に適さない^{3, 4)}。本試験と同様の栽培条件で平坦地で栽培すると苗の活着率が悪く、さらに定植後も欠株が発生し、徒長したり花着きが悪くなるなど品質も低下する。本試験では、超微粒ミストの噴霧により平均で2～3℃は気温を下げることであったが、ミスト区でも一時的に37℃程度まで気温が上昇することがあり、必ずしもパンジー等の生育適温まで下げることができなかった。しかし、生育試験の結果では、平坦地慣行の栽培条件に近い無処理区より生育が良好で開花が促進しており、生育に対する十分な昇温抑制効果が得られた。

パンジーの場合、ミスト区の開花率100%に対し、無処理区では25%しか開花しなかったことから、超微粒ミストの噴霧は開花促進に有効であった。一方、成品率は100%とならなかったが、約70%が成品となり、平均草丈と平均株幅は出荷基準を満たしていることから、10月上旬の出荷は可能であり、超微粒ミストの噴霧による出荷期の前進化が実証できた。

プリムラ・ジュリアンの場合、ミスト区では平均株幅は出荷基準を満たしており、9月末まで噴霧した超微粒ミストの効果がその後の生育促進に有効であった。同様に、まったく開花しなかった無処理区に比べると、

ミスト区は42%が開花しており、9月末までの超微粒ミストの噴霧でも開花促進に対して効果的であった。ミスト区では開花すれば出荷期を11月中旬に揃えることができるが、無処理区では、開花も生育も遅れ11月中の出荷は不可能であった。開花にばらつきはあるものの超微粒ミストを噴霧することで開花開始時期が早くなり、11月中の出荷が見込めるので、プリムラでも出荷期の前進化が実証できた。

慣行栽培での出荷開始時期は、パンジーは10月下旬以降、プリムラ・ジュリアンは12月中旬以降であることから^{5, 6)}、夏期の栽培期間中に超微粒ミストを噴霧することで出荷期が約1か月前進することが実証できた。

また、超微粒ミスト噴霧中の状態を観察すると、直下は霞むため照度の低下が予想されたが、実際には無処理区と同等の照度であった。慣行栽培では、施設内の気温を下げるため、一般的に30～70%遮光する^{7, 8)}。一方、本試験は無遮光で行ったため、超微粒ミストを噴霧し気温が下がった状態で十分な光条件が確保されていたと思われる。そのため、開花や生育はより促進し、徒長することもなく生育の揃いが良くなったと考えられる。

アネモネ、ポピー、シロタエギクは、生育適温が10～20℃で、平坦地では7月から8月には栽培せず、9月以降から栽培を開始する⁹⁻¹¹⁾。本試験の結果から、ミストが無い状態では7月から8月のセル苗の栽培は困難で、アネモネ、ポピーともほとんど枯死し、定植に至らなかった。シロタエギク、パンジーは、この2品目に比べると、無処理区でも成苗率は64%となったことから、アネモネ、ポピーよりも耐暑性が高いと思われる。以上のことから、品目によって成苗率に差はあるものの、ミストを噴霧することで慣行栽培では難しかった品目の高温期の栽培が可能となることが示された。

本試験では超微粒ミストの制御温度を32℃に設定しており、温室内の気温が34℃以上になると昇温抑制効果保持のため超微粒ミストの噴霧時間が長く停止時間が短くなる。昇温抑制が優先され続け噴霧時間が長くなっても湿度制御を行っていないので、飽差が0kPaに近づいても超微粒ミストの噴霧が続く場合が想定された。しかし、今回の調査結果から、飽差が1kPa以下になったのは日中平均気温が超微粒ミストの制御温度より低い30℃以下の時で、噴霧時間が長く続いたことが原因ではなかった。

植物の光合成量を高めるためには飽差は低く維持する方が良いといわれており¹²⁾、7月から8月に超微粒ミストを昇温抑制を目的に32℃の制御で噴霧した場合、飽差の点からもミスト区は無処理区より生育に適した環境となっていたと考えられる。

本試験により、超微粒ミストは夏期高温対策技術として十分効果があることが明確になった。しかし、生産現場では施設が連棟であったり、温室の向き、軒高の違いなど構造が様々であり、今後、本試験で得られ

た知見を基に生産現場で利用ができる噴霧方法を検討していく必要がある。

引用文献

1. 辻本誠. ミストの蒸散効果を利用したヒートアイランド対策—そのコンセプトと初歩的検討. 空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集第4号(2003)
2. 林真紀夫. 農業気象の測器と測定法 日本気象学会編. 農業技術協会. 東京. p. 60(2003)
3. 池田幸弘. 農業技術体系花き編8. 農文協. 東京. p. 262-264(2002)
4. 高木誠. 農業技術体系花き編8. 農文協. 東京. p. 301(1994)
5. 池田幸弘. 農業技術体系花き編8. 農文協. 東京. p. 282(2002)
6. 高木誠. 農業技術体系花き編8. 農文協. 東京. p. 317-318(1994)
7. 池田幸弘. 農業技術体系花き編8. 農文協. 東京. p. 283(2002)
8. 高木誠. 農業技術体系花き編8. 農文協. 東京. p. 318(1994)
9. 倉田昌泰, 大川清. 農業技術体系花き編8. 農文協. 東京. p. 550(1995)
10. 池田幸弘. 農業技術体系花き編10. 農文協. 東京. p. 106(1994)
11. 高木誠. 農業技術体系花き編8. 農文協. 東京. p. 515(1994)
12. 平井源一, 西岡秀明, 山本尚明, 奥村俊勝, 稲村達也. 培地の窒素濃度が異なる条件で大気飽差が日本晴(日本型水稻)とIR24号(インド型水稻)の生長・乾物生産に及ぼす影響. 日作紀(Jpn. J. Crop Sci.). 77(3), 333-340(2008)