

スポットエアコンによる高温期の局所冷却がシクラメンの生育と開花に及ぼす影響

虎太有里・辻本直樹・武田偉吹

Spot Air Conditioning Effects on Growth and Flowering of Cyclamen during High Temperature Periods

TORATA Yuri, TSUJIMOTO Naoki and TAKEDA Ibuki

Key Words: capillary watering, c-shaped steel, soil temperature, water temperature

キーワード: C形鋼材, 地温, 水温, 底面給水

近年, 夏季の高温傾向が顕著になっており, シクラメン生産では高温による生育停滞や開花遅延が生じ, 問題となっている. 筆者らは, これまでにヒートポンプを用いた夏季 30 日間の夜冷処理により, ‘ピクトリア’等 3 品種で開花が 2~3 週間促進されることを明らかにした (虎太ら, 2014). また, ‘改良シュトラウス’を用いた試験では, 21°C 4 時間の日没後短時間冷房で, 終夜冷房と同等の開花促進効果が得られることが報告されている (加古ら, 2014).

これらの夜冷処理は, 日中は冷房効率が悪いいため, 日射のない夜間に冷房を行う高温対策技術であるが, シクラメンの光合成速度は気温 20°C 前後が最大で, 30°C を超えると顕著に低下することから (三浦, 1980), 日中の効率的な冷却が可能であれば, 光合成促進による生育・開花促進効果が期待できる. しかし, パットアンドファンや細霧冷房などの気化熱を利用する方法では, 気温を数°C 下げる程度の効果にとどまり (林, 2020; 山口, 2020), 国内の暖地で温室内を 30°C 以下の状態に保つことは難しい. ヒートポンプによる日中の温室冷房はファレノプシスの栽培で用いられ, 間欠冷房処理による低コスト化が検討されているものの (服部ら, 2020), 膨大なランニングコストが必要である. ファレノプシスのように単価の高い品目以外での導入は経営的に難しいと考えられるが, 一方で, 植物体が比較的小さい鉢花では, 施設全体ではなく, 局所冷却を行うことで効率的に生育改善できる可能性がある.

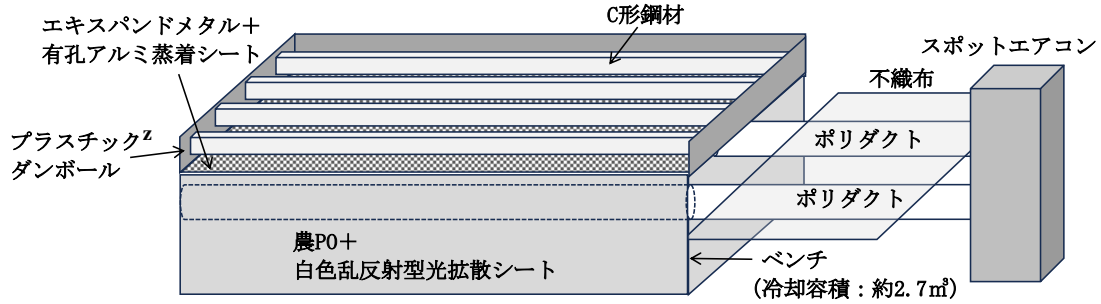
局所冷却の事例として, シクラメンのミニ系品種では気化熱を利用した培地冷却 (中野ら, 2009) や冷却水を循環させる根域冷却 (村松ら, 2015) により, 栄養生長と花芽形成が促進されることが報告さ

れている. しかし, ミニ系品種は普通種より高温による花芽発達の抑制程度が小さく, 大輪系品種に比べて開花が早いため (駒形, 2008), 大輪系品種において, 同様の根域冷却の効果があるかは明らかでない.

そこで, 本研究では, 大輪系品種で普及している C 形鋼材 (以下, C 鋼) を用いた底面給水栽培において, スポットエアコンを用いたベンチ下からの局所冷却が生育と開花に及ぼす影響について検討した.

材料および方法

実験は, 奈良県農業研究開発センター内の硬質フィルム温室 2 棟 (63 m²) で行った. 局所冷却にはスポットエアコン (冷房能力 4.2 kW, SUBS2MBU, ダイキン工業 (株)) を用い, 2 つの送風口にそれぞれ直径 15 cm のポリダクトを接続して栽培ベンチ (幅 90×長さ 420×高さ 70 cm) の直下に吊り下げ, 約 20 cm 毎に直径 1 cm 程度の穴をあけて送風した (第 1 図). 風速は強 (11.5 m·s⁻¹, 冷風吹出温度差 9.5°C) に設定し, エアコンからベンチまでのポリダクトには直射日光が当たらないよう, 不織布 (タキイ涼感ホワイト 50, タキイ種苗 (株)) を被せた. ベンチ下部の側面は農業用ポリオレフィンフィルム (厚さ 0.1 mm) で覆い, その上から白色乱反射型光拡散シート資材 (てるてる, 日新商事 (株)) を重ねた. ベンチ上部にはエキスパンドメタルを置き, 有孔アルミ蒸着シート (ポリシャイン, エーアイシーテック (株)) を敷いて, シートに空いた小さな穴から冷気が上部に出るようにした. シートの



第1図 スポットエアコンを用いた局所冷却システムの概略

※高さ20cmのプラスチックダンボールでベンチ上部の四方を囲った(図では手前を省略)

上には底面給水用のC鋼(75×45×400mm)を15cm間隔で4本設置した。C鋼には水を張り、15cm鉢のシクラメンをC鋼1本あたり15鉢ずつ配置した。鉢と鉢の間隔は概ね12cmであった。冷却期間中はC鋼の水位が概ね2cmになった時点で深さ4cmまで適宜、給水を行い、温室全体は50%遮光、25℃換気で管理した。

局所冷却の期間は、2023年8月1日10時から8月31日18時までで、稼働時間は6～18時とした。C鋼内の水温および鉢内の地温は、データロガー(TR71A, (株)ティアンドデイ)を用い、10分間隔で計測した。気温は温室中央に鉢の上面から50cmの高さで設置した強制通風筒にT型熱電対を取り付けて計測した。対照区として、隣接する同型の温室にも栽培ベンチを設置し、局所冷却区と同様にシクラメンを配置した。対照区でも有孔アルミ蒸着シートの上にC鋼を設置したが、ベンチ下部はフィルムで覆わず開放とした。

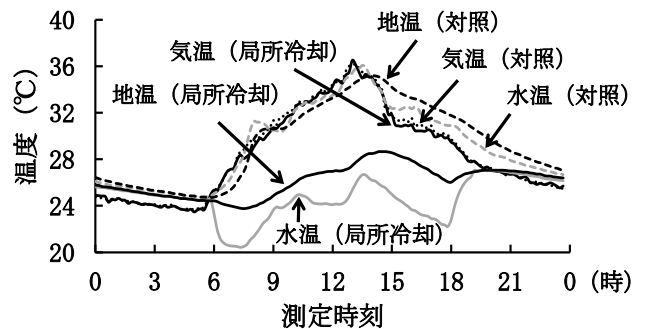
栽培試験には、大輪系のF₁品種‘AR スカーレット’、パステル系品種‘ピラス’および普通種‘ビクトリア’の計3品種を用い、各区各品種12鉢を供試した。いずれも2022年12月20日に播種し、4月19日に7.5cmポリポットに鉢上げ後、6月19～21日に15cm鉢に植え替えた。培養土にはピートモス、バーミキュライト、パーライトの等量混合を用い、マグアンプK中粒(N:P₂O₅:K₂O=6:40:6)0.5g/ℓ、粒状炭酸苦土石灰(可溶性苦土15%)2g/ℓを添加した。追肥にはプロミック錠剤中粒(N:P₂O₅:K₂O=12:12:12)を用い、鉢あたり2粒を7月20日から1ヶ月毎に計4回施用した。局所冷却開始時の8月1日に株幅と葉数を測定し、試験区ごとに均等になるよう配置した。局所冷却終了後は対照区の株とともにガラス温室に移し、12℃加温、25℃換気で慣行に準じて栽培した。

局所冷却終了後の9月2日、11月1日および各個

体の5輪開花日に、株幅、葉数、葉色および開花数を調査した。葉色の測定には葉緑素計(SPAD502, ミノルタ(株))を用い、各個体につき、個葉3枚を調査した。

結果および考察

冷却期間中の8月3～5日の3日間における気温、水温および地温の日変化を第2図に示した。温室内の気温には局所冷却の影響はみられず、いずれの温室でも気温は日の出とともに上昇し、13時頃をピークに徐々に低下した。水温と地温は、局所冷却区では午前6時の冷却開始から約1～2時間後が最も低く、その後上昇して14～15時頃にピークとなり、水温は27℃、地温は29℃近くに達した。その後は徐々に低下し、約22および26℃まで下がったが、18時にスポットエアコンが稼働停止すると、水温、地温ともに短時間で27℃まで上昇した。その後は徐々に低下して、翌朝6時には24℃となった。無冷却の対照区では、地温および水温は気温に準じて変動し、地温は25～35℃、水温は25～36℃の範囲で推移した。また、午後から翌朝にかけては、いずれも気温より高かった。



第2図 各試験区における気温、水温および地温の日変化
2023年8月3～5日までの晴天3日間の平均値

第1表 局所冷却が水温、地温および気温に及ぼす影響

測定場所	時間帯 ^z	処理区	温度(°C)	降温効果(°C)
C鋼(水温)	日中	対照	30.6	8.0 ^x
		局所冷却 ^y	22.6	
	夜間	対照	26.8	1.5
		局所冷却	25.4	
鉢土(地温)	日中	対照	30.4	5.3
		局所冷却	25.0	
	夜間	対照	27.1	1.6
		局所冷却	25.6	
気温	日中	対照	30.5	0.1
		局所冷却	30.4	
	夜間	対照	25.4	0.1
		局所冷却	25.4	

^z 日中：6:00～18:00，夜間：18:00～6:00

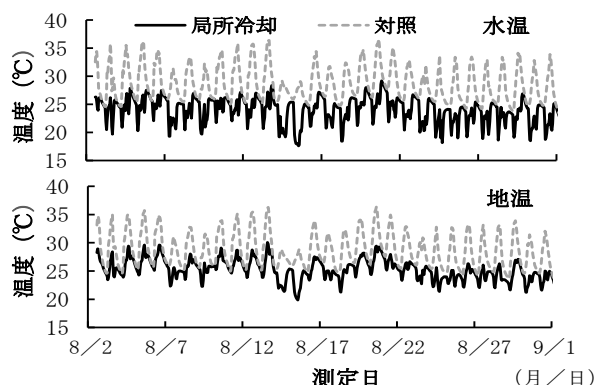
^y 局所冷却に用いたスポットエアコンは、6:00～18:00まで稼働させ、夜間は停止させた

^x 対照区と局所冷却区との温度差

次に、1ヶ月の試験期間中の水温、地温および気温の平均値を第1表に示した。水温は、局所冷却により日中で8.0°C、夜間で1.5°C、対照区に比べて低くなり、日中22.6°C、夜間25.4°Cで、夜間のほうが高温であった。同様に、局所冷却により地温は日中で5.3°C、夜間で1.6°C低くなり、日中25.0°C、夜間25.6°Cであった。また、局所冷却区では水温が30°Cを超えることはなく、地温も30°Cを超えた時間はわずか4時間であったが、対照区では水温、気温ともに全期間の約1/3で30°Cを超え、最高水温は36.9°C、最高地温は36.4°Cに達した(第3図)。

シクラメンの生育については、‘AR スカーレット’と‘ピラス’で処理終了時の葉数が局所冷却により増加したが、処理終了2ヶ月後には有意な差はみられず、‘ビクトリア’の葉数には、処理による違いはみられなかった(第2表)。株幅は、‘AR スカーレット’で処理終了2ヶ月後にやや小さくなる傾向にあったが、他2品種では処理による差はなく、葉色には、いずれの品種も処理による違いはみられなかった(データ省略)。

一方、開花は3品種とも局所冷却により促進され、出荷が可能となる5輪開花日は無処理に比べて16～28日早くなった。5輪開花時の葉数には処理による有意な差はなかったが、株幅は局所冷却区でやや小さくなる傾向にあった。葉色は‘ピラス’でやや薄く、他の2品種では処理による影響はみられなかった。



第3図 冷却期間中の水温および地温の推移

以上から、本試験の冷却方法では温室内の気温は低下しないものの、日中の地温および水温を30°C以下に保つことができ、シクラメンの大輪系品種で開花が2～4週間、促進されることが明らかになった。

スポットエアコンによる局所冷却は、ハウレンソウ(Suhardiyanto・Matsuoka, 1992)やフリージア(平井・森, 1995)で試験されている。いずれも植生域をポリダクトを用いて冷却する方法で、側窓が開放されたハウレンソウの試験では、最高気温を1～2°C下げる程度の効果であったが、フリージアでは植生域をトンネル状に覆うことで気温を4～7°C、地温を3～5°C低下させている。本試験ではハウレンソウと同様、側窓を開放した状態で冷却を行ったが、空気に比べて熱伝導率の高い水がC鋼内で効率的に冷却され、植物を密閉することなく、地温を5.3°C低下させることが可能であった。シクラメンの栽培では、C鋼を利用した底面給水栽培が広く普及しており、スポットエアコンからの送風で水温を下げることによる根圏冷却は、大きな工事を伴わず、比較的容易に試作できる局所冷却技術と考えられる。

また、本試験では夜間の冷却を行わなかったが、トマトのポット苗を用いた試験では、夜間のみの局所冷却では地上部の生育が抑制され、終日より日中のみの処理で地上部と根の生育が優れることが報告されており(木下ら, 2012)、シクラメンについても、今後効率的な冷却時間帯や処理時間を確認する必要がある。

一方、本試験ではタイマーによる制御のみを行っており、運転時間中の消費電力は一定で、1ヶ月間の総消費電力量は約1,560 kWhであった。電気代を14.35円/kWh(関西電力の低圧電力料金単価(夏季による))で算出すると1日あたり723円で、1ヶ月の試験期間中の電気代は約22,400円となった。しか

第2表 局所冷却がシクラメンの生育と開花に及ぼす影響

品種	処理	処理開始時 (8月1日)		処理終了時 (9月2日)		処理終了 2ヶ月後 (11月1日)		5輪開花時			
		株幅 (cm)	葉数 (枚)	葉数 (枚)	葉数 (枚)	開花数	開花日 (月/日)	促進 ^z 程度 (日)	株幅 (cm)	葉数 (枚)	葉色 (SPAD値)
AR スカーレット	対照	17	13	25	50	0.6	11/25		32	58	53
	局所冷却			29 ** ^y	55 n. s.	7.2 **	10/29 **	28	29 **	54 n. s.	53 n. s.
ピアス	対照	17	14	20	38	0.8	11/28		31	47	53
	局所冷却			23 *	44 n. s.	2.9 *	11/11 *	17	29 *	46 n. s.	46 **
ビクトリア	対照	18	11	19	40	0.7	11/27		32	50	58
	局所冷却			20 n. s.	43 n. s.	2.3 n. s.	11/11 **	16	30 n. s.	44 n. s.	56 n. s.

^z 対照区と局所冷却区との開花日の差

^y 対照区に対する t 検定により, *は5%, **は1%水準で有意差があり, n. s. は5%水準で有意差がないことを示す (n=12)

し、本試験では曇天時にもエアコンが作動し、水温および地温が 20℃を下回ることがあった。村松ら (2015) は、シクラメンのミニ系品種で根域温度が 23℃で栄養生長と花芽形成が促進されることを報告しており、稼働温度を一定の温度以上に制御することで電気使用量を削減できる可能性がある。

以上の結果、C 鋼を用いた底面給水栽培において、スポットエアコンを用いた局所冷却は高温期に地温を効率的に低下させる可能性が示唆された。冷却面積を拡大した場合にどの程度の効果が得られるかについては、今後の検討が必要である。

謝辞

本試験の実施にあたり、設備の設置に関して貴重なご助言と多大なご協力といただきました奈良県農業研究開発センター総括技能員の中嶋雅之氏に厚く御礼申し上げます。

引用文献

服部裕美, 熊崎 忠, 大月裕介, 南 明希, 吉田龍博, 新井和俊, 二村幹雄. 夏期における超微粒ミスト噴霧を伴う間欠冷房がファレノプシスの開花品質, 電力使用量に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 2020, 52, 63-71.

林 真紀夫. 細霧冷房. 日風工学誌. 2020, 45(1), 8-12.

平井宏昭, 森 源治郎. スポットエアコンを利用した局所冷房栽培に関する研究. 生活環境調節.

1995, 33(3), 191-196.

加古哲也, 田中博一, 道園美弦, 川村 通. 夏期高温条件下における夜間の冷房時間帯がシクラメンの生育・開花に及ぼす影響. 園学研. 2014, 13 (別2), 498.

木下貴文, 中野善公, 川嶋浩樹. 夏季高温期におけるトマトのポット育苗において根域冷却の時間帯が生育および収量に及ぼす影響. 園学研. 2012, 11, 459-465.

駒形智幸. 主要栽培型の技術ポイント. 農業技術体系花卉編 10. 農文協, 2008, 58 の 8-15.

三浦泰昌. 鉢植シクラメンの光合成とその栽培管理における意義について. 神奈川園試特報. 1980, 1-57.

村松嘉幸, 河野寿紀, 窪田 聡, 腰岡政二. 高温期の根域冷却によるミニシクラメンの生育・開花促進. 園学研. 2015, 4 (3), 267-272.

中野善公, 前田茂一, 後藤丹十郎, 東出忠桐, 木下貴文, 吉川弘恭. 培地水分の気化促進処理が高温期における培地温度およびパンジー, ミニシクラメンの生育に及ぼす影響. 園学研. 2009, 8, 475-481.

Suhardiyanto, H. and T. Matsuoka. Studies on a zone coolingsystem in a greenhouse (2) Evaluation of a system for microclimate modification in a plastic greenhouse during hot weather. Environ. Control in Biol. 1992, 30(4), 143-151.

虎太有里, 仲 照史, 辻本直樹. 夜冷処理の時期と期間がシクラメンの生育と開花に及ぼす影響. 園学研. 2014, 13 (別2), 497.

山口智治. パットアンドファン冷房方式. 日風工学誌. 2020, 45(1), 13-16.