セントポーリア葉の温度低下に伴う障害について¹

前川 進・鳥巢陽子・稲垣 昇・寺分元一

神戸大学農学部 657 神戸市灘区

Leaf Injury Caused by Drop in Leaf Temperature of *Saintpaulia ionantha*

Susumu MAEKAWA, Yoko TORISU, Noboru INAGAKI
and Motoichi TERABUN

Faculty of Agriculture, Kobe University,
Nada-ku, Kobe 657

Summary

The relationship between leaf temperature before watering and the water temperature which causes leaf injury was examined by dipping the excised leaves of African violet, *Saintpaulia ionantha* Wendl. cv. 'Beth Elen' in water kept at constant temperature.

1. When the leaves kept at 30°C for 24 hr were dipped in 15°C water for 30 sec, the degree of injury of the outer leaves was greater than that of the inner leaves.

2. Leaves kept at 20°, 25° and 30°C for 24 hr were dipped in water of 5°, 10°, 15°, 20°, 25° and 30°C for 30 sec. Leaf injury was caused by dipping the leaves in water kept at a 5°~10°C lower than the leaf temperature. Furthermore the degree of injury became severe with increasing difference between the leaf temperature and the water temperature.

3. When the leaves kept at 30°C for 24 hr were dipped in 15°C water for 1, 15, 30, 45 and 60 sec, injury resulted even by dipping for 1 sec, due to the rapid drop in leaf temperature.

4. Leaf temperature was decreased gradually from 30°C to 15°C in 5°C steps by dipping in water for a short time. It was found that leaf injury resulted from a dipping time of 15 sec, but not of 30 sec or longer.

緒 言

セントポーリアは開花期間が長く、草姿がコンパクトである上、生育に強光を必要とせず(1, 2, 9)、室内での栽培が容易であるところから、多くの人々に愛好されている鉢花である。

セントポーリアを始めグロキシニア、ストレプトカーパスなどイワタバコ科に属する植物は葉面かん水によりしばしば葉に黄褐色の斑点、条斑もしくはリング状の障害が発生する。これは一般に『葉焼け』と呼ばれ、障害部は回復せず鑑賞価値を下げるものである。

葉面かん水によって起こる葉の障害はかん水前の葉温とかん水する水の温度との違いが主な要因であると報告されているが(4, 10, 12)、発生の機作についての詳細な

研究は意外に少なく、また、発生要因についても経験的に言われている場合が多い。

そこで本実験は障害発生の主要因と考えられる葉温と水温の関係をさらに詳しく調べ、その結果を栽培管理の上で役立たせようとするもので、個葉を用いて葉温の変化を追いながら、その発生の原因について検討を加えた。

材料及び方法

供試植物はセントポーリア *Saintpaulia ionantha* Wendl. の白色系品種‘ベスエレン’で母株より葉柄挿しによって増殖したものを、一回の移植の後、プラスチック4号鉢に定植した。鉢土としてパーミキュライトとピートモスを2:1の割合で混合したものを用い、マグアンプKを元肥とし、ハイポネックス1000倍液をかん水に

¹ 1986年1月19日 受理

よって追肥した。

供試株を夏の高温期（6～9月）はファイロン屋根の下に、その他の期間はガラス温室内に置き、いずれも 10 Klx を越さないよう黒寒冷紗によって遮光した。

実験には株から葉を葉柄 2～3 cm 付けて切り取った個葉を用いた。

処理は切り取った葉を直ちに恒温条件下に移し24時間置いた後、所定の温度に調節した水に葉柄を持って葉身全体が水につかるように浸漬して葉温を変えた。浸漬後は30℃恒温下に置いた。浸漬処理前24時間と処理後は十分湿らせたパーミキュライトを充たしたガラス容器（直径 5 cm 高さ 5 cm）を乾燥を防ぐためアルミホイルでおおい、これに葉柄部を挿入し、実験 2 の一部を除いて恒温器内昼光色蛍光灯照明（5 Klx）下に置いた。

処理によって障害を受けた部位が処理後時間の経過とともに変色して明瞭になった時点でその障害部面積の全葉面積に対する比率を調査した。これらの結果をもとに障害の程度を 0 から 5 までの 6 段階に分け、障害が発生しなければ 0、障害部の面積比率が 20% までを 1、以下 40%、60%、80%、100% までをそれぞれ 2, 3, 4, 5 として記録した。

葉温の測定は銅・コンスタンタン熱電対を用い、受感部を約 3 mm 角のセロテープで葉の表面に張り付けて行った。

実験 1. 葉齢の影響

ロゼット状に着生している葉長約 5 mm 以上の葉を約 20 枚持つ株について、外側から数えて 5 枚目までの葉を外葉、6～10 枚目を中葉、11～15 枚目を内葉とした。切り取った葉を 30℃ 恒温に 24 時間置いた後、15℃ の水に 30 秒間浸漬した。浸漬後は再び 30℃ 恒温下に置いて障害の程度を調査した。

実験 2. 浸漬前葉温と浸漬水温の影響

本実験以降では葉の大きさのそろった中葉を用いた。まず浸漬前 20°、25° 及び 30℃ 恒温で、5 Klx 照明下に 24 時間置いた葉を、水温 5°、10°、15°、20°、25° 及び 30℃ の水に 30 秒間浸漬処理し、その後 30℃ 恒温、5 Klx 照明下に置いた。一方、浸漬前 25℃ 及び 30℃ 恒温下に置いた葉については、上記のように浸漬前後を照明下に置いたもののほかに暗黒下に置いたものを設け、障害の発生に対する光の影響についても調査した。

実験 3. 浸漬時間の影響

30℃ 恒温下に 24 時間置いた葉を 15℃ の水に 0（浸漬せず）、1, 15, 30, 45 及び 60 秒間浸漬した後、直ちに 30℃ の水に移しかえ、15℃ と 30℃ の浸漬時間の合計が 60 秒になるようにした。浸漬終了後は再び 30℃ 恒温下に置

いた。

実験 4. 浸漬中の変温の影響

浸漬前 30℃ 恒温下に 24 時間置いた葉を 30℃ の水に 15 秒浸漬したのち、下記のように順次温度の異なった水に浸漬時間を変えて移しかえ葉温を段階的に 15℃ まで下げた。すなわち、水温を 30°→25°→20°→15℃ と 5℃ ずつ下げる場合に浸漬時間を各水温 15, 30 及び 60 秒ずつとする 3 とおりと、30°→25°→15℃、30°→20°→15℃、30°→15℃ の順序で各温度の水に 15 秒間浸漬して葉温を下げる 3 とおりの計 6 とおりの浸漬処理を行った。処理後全てについて再び 30℃ 恒温下に置いた。

結果及び考察

実験 1. 葉齢の影響

葉温 30℃ の葉を 15℃ の水に 30 秒浸漬したとき、障害の発生が葉齢によって異なるかどうかを見たのが第 1 図である。障害の程度は内葉で 1.0、中葉で 1.8、外葉で 3.8 となり、若い内葉と比較して葉齢の進んだ外葉で障害は大きかった。同様に、株を根元から切り取り株全体を浸漬処理したものについて、障害の発生状況を外葉から内葉へ順次並べてスケッチしたものが第 2 図である。これからも葉齢の進行と障害の発生との関係がはっきりと伺える。実際に栽培していて葉面かん水によって特に古い株や弱った株の外葉に障害が多く出ることを経験するが、本実験の結果とも良く一致する。

Fig. 1. Injury to the leaves at different positions caused by dipping.

^z 0, 1, 2, 3, 4, 5 : 0/5 (no injury), 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5 injury in leaf area.

^y Outer : the 1st-5th leaf, middle : the 6th-10th leaf, inner : the 11th-15th leaf from the outside of plants with about 20 leaves.

Water temperature : 15℃. Dipping duration : 30 sec. Condition before and after dipping : 5Klx, 30℃ (Petiole was inserted in wet vermiculite).

実験 2. 浸漬前葉温と浸漬水温の影響

葉の障害発生に浸漬水温と共に浸漬前の葉温が大きく関与すると考えられるので、本実験では葉温と水温とを種々組み合わせて障害の発生状況を調べた。

まず、浸漬処理の前後を蛍光灯による照明下に置いたときの結果を第3図に示した。葉の障害の発生は浸漬前の葉温が20℃と25℃では水温15℃以下の水への浸漬によって、また、葉温30℃では水温20℃以下の水によって起こり、葉温より水温が5°~10℃低いときに見られた。いずれの葉温においても水温との差が大きくなるにつれて障害の程度は大きくなり、葉温30℃で水温5℃に浸漬したとき障害は全葉に及んだ。

障害の程度とは別に一枚の葉に障害が発生するかしないかを処理ごとにまとめ、供試した全葉数に対する障害

の出た葉数の比率（障害葉数率）を第1表に示した。いずれの葉温のときも水温が葉温より15℃低いときは供試した葉すべてに障害の発生が見られた。これらの結果から浸漬前の葉温と浸漬水温との温度差が葉の障害発生に大きくかかわっていることが示唆された。

セントポーリアの葉の斑点障害は古くより、かん水による葉温の低下に基づくものとされている(4, 12)が、岡田ら(10)は鉢植え個体を用いて葉温とかん水水温との関係をさらに詳しく調べ、本実験とはほぼ同様の結果を得ている。彼等の結果によると、葉温と水温の差がない場合も軽度の障害を起こしたとしているが、これは処理方法、葉齢、品種、栽培管理などが本実験と違っていたためと思われる。一方、浸漬処理の前後を暗黒状態に置いたときの結果は図示していないが、葉の障害発生の程度は

Fig. 2. Scheme of leaf injury caused by dipping. Dark portion in leaves represents injury area. Numerals indicate leaf order from outside to inside of plant. Details as for Fig.1.

Fig. 3. Effect of temperature difference between leaf and dipping water on leaf injury.

² Details as for Fig.1.

Dipping duration : 30 sec. Condition after dipping : 5Klx, 30°C.

Table 1. Effect of temperature difference between leaf and dipping water on percentage of injured leaf².

Leaf temperature (°C)	Water temperature (°C)					
	5	10	15	20	25	30
20	100	100	38	0	0	0
25	100	100	60	0	0	0
30	100	100	100	86	0	0

² Percentage of injured leaf = $\frac{\text{Injured leaf number}}{\text{Total leaf number}} \times 100$

See Fig.3 for details.

照明下に置いたものと変わらなかった。しかしながら、障害部が照明下では始め水浸状となり黒変し5日後には黄褐色に退色したが、暗黒下では5日たっても黒ずんだままであった。これを照明下に移すと黄褐色へと退色した。また障害の発生から退色までの期間は処理後の温度にも影響され、高温より低温下で多くの日数を要した。一般に葉緑体が崩壊するとクロロフィルは直接光や酸素の影響を受け、急速に変性・分解が進むとされており(11)、本実験のセントポーリアの障害も低温に遭遇後光の存在下でこのような経過をたどって退色するのではないかと考えられる。

実験 3. 浸漬時間の影響

葉温 30°C の葉を水温 15°C の水に 1~60 秒の間で時間を変えて浸漬したときの障害発生の様子を第4図に示した。障害は1秒間という極めて短い時間の浸漬によっても起こることが確認された。

第5図に示した15°C浸漬中の葉温の変化をみると浸漬1秒後ですでに葉温に大きな変化が起きていること、また、その後30°Cの水に移したときの葉温の変化は図示していないが短時間に上昇することから、障害の発生は低温の遭遇時間より葉温の急激な低下に起因するものと考えられる。

葉の障害が葉面かん水によって生じることから、葉の表面からの吸水も考えられたので葉をラップフィルムで覆って葉に水が着かないようにして浸漬する処理や5°Cの冷風を葉温30°Cの葉に10秒間吹きつける処理を行った。いずれの処理も葉を直接水に浸漬したときと同様の障害が発生した。これらのことから障害は冷水の浸入によるのではなく、葉温の低下によるものであることが明らかとなった。なお、5°Cの冷風に当てたときと15°Cの水に浸漬したときの最初の10秒間における葉温の低下はほとんど同じであった(第5図)。

Fig. 4. Effect of dipping duration on leaf injury.

² Details as for Fig.1.

^y Dipping duration at 15°C : Dipping duration at 30°C.
Condition before and after dipping : 5 Klx, 30°C.

Fig. 5. Temperature change of leaf exposed to lower temperature.

— : Leaf dipped in water at 15°C.

--- : Leaf exposed to wind at 5°C.

セントポーリアで葉面かん水によって起こる葉の黄褐色の斑点障害は熱帯あるいは亜熱帯原産の低温感受性の植物にみられる低温障害と考えられる。低温によって細胞が障害を受ける機作は生体膜の脂質の相転移に伴う膜機能の低下に関連して説明されている(7, 8, 13)。セントポーリアについても現在、膜透過性の増大に伴う電解質の漏出などの調査を行い検討を進めている。

また、このような低温障害が葉の柵状組織に限られ、その部位の細胞膜の破損が著しいとの報告があり(4)、今後、細胞組織学的な調査も併せて行う必要があろう。

Fig. 6. Effect of change of water temperature during dipping on leaf injury.

^z Details as for Fig. 1.

^y Arrows indicate the order of dipping.

Condition before and after dipping : 5 Klx, 30°C.

実験 4. 浸漬中の変温の影響

葉温を 30°C から 15°C まで下げるため、葉を種々の温度の水に時間を変えて順次浸漬した。障害の見られたのは第 6 図から明らかなように 30°C から 15°C まで水温を下げた処理、すなわち 30°→15°C、及び段階的に各水温に 15 秒ずつ浸漬して 15°C まで下げた処理、30°→20°→15°C、30°→25°→15°C、30°→25°→20°→15°C であった。

水温を 5°C ずつ下げた場合 (30°→25°→20°→15°C)、障害の発生はそれぞれの水温に 15 秒浸漬したときに起こり、30 秒及び 60 秒浸漬では起こらなかった。このことは 30°C から 15°C まで少なくとも 90 秒かけて段階的に葉温を下げたときには障害が起こらないことを示している。ちなみに、気温が 30°C のところから 15°C のところへ株を移しても障害が起こらないのは、葉温が 15°C まで下がるのに 15 分以上もかかることから当然のことといえよう。

浸漬処理中の葉温の変化を追ったものが第 7 図であるが、葉温は短時間に浸漬水温近くまで下がる事が確認された。

日陰を好む植物を強光下で育てた場合、クロロフィルの減少がみられ、葉色は黄色化する(3, 5, 6)。さらにひどい場合は、遮光栽培しているものを急に強光の下へ移したときにしばしば見られるように壊死まで進む。このような葉焼け現象について、青木と平城(2)はセントポ

Fig. 7. Temperature change of leaf dipped in water at various temperatures.

See Fig. 6 for details.

— : 30(15)*→25(60)→20(60)→15(60)

- - : 30(15)→25(30)→20(30)→15(30)

- · - : 30(15)→25(15)→20(15)→15(15)

..... : 30(15)→15(15)

* Water temperature, °C (Dipping duration, sec)

Leaf temperature was measured with a copper-constantan thermocouple.

ーリアでは強い光とともに高温条件がより激しい症状をもたらすとしている。これは本論文でとりあげている葉温の急激な低下に伴って起こる低温障害とは異なる機作によって起こるもので、一般には両方を『葉焼け』と呼んでいるが区別すべきものであろう。

強光下では植物の葉温は気温より高くなるが、Carpenter and Nautiyal(3)はセントポーリアなど 5 つの陰生植物を種々の光の強さのもとで栽培し、葉温上昇の抑制に送風効果があることを認め、その結果としてクロロフィル含量の増加をもたらした葉の症状が軽減されたと報告している。栽培管理の面から考えると葉上からかん水する場合水温に充分留意することは当然のことであるが、室温が上がっているときはしばらく換気や送風によって葉温を下げてからかん水することも考えられてよいと思われる。

摘 要

セントポーリアの葉面かん水によって起こる葉の障害について、その発生の原因を明らかにするために個葉を用いて種々の水温に浸漬処理を行った。

1. 葉温 30°C の葉を 15°C の水に 30 秒間浸漬したとき内葉より葉齢の進んだ外葉で葉の障害は大きかった。

2. 浸漬前の葉温が 20°, 25° 及び 30°C の葉を種々の温度の水に浸漬したとき、それぞれの葉温より 5~10

℃低い水温で障害の発生が見られ、さらに温度差が大きくなると障害の程度も大きくなった。

3. 葉温30℃の葉を15℃の水に時間を変えて浸漬したとき、1秒間浸漬しただけでも障害が発生した。

4. 30℃ から 15℃ まで 5℃ ずつ段階的に水温を落として浸漬したとき、葉の障害は各水温に15秒の浸漬ではその発生をみたが、30秒以上の浸漬ではみられなかった。

引用文献

1. 阿部恒充・渡部 弘・広井敏男・小山弘道. 1967. 各種花きの光合成特性. 園学要旨. 昭 42 春 : 336—337.
2. 青木孝一・平城好明. 1981. セントポーリアの栽培に関する研究. 第 1 報. 温度と光に関する試験. 園学要旨. 昭56秋 : 282—283.
3. CARPENTER, W. J. and J. P. NAUGHTY. 1969. Light intensity and air movement effects on leaf temperatures and growth of shade-requiring greenhouse crops. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 212—214.
4. ELLIOT, F. H. 1946. Saintpaulia leaf spot and temperature differential. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 47 : 511—514.
5. 広井敏男・小山弘道・阿部恒充・渡部 弘. 1970. 花き類の栽培管理における光環境の意義. 第 1 報. アフェランドラの生育にたいする光の強さの影響. 園学雑. 39 : 269—277.
6. 小山弘道・広井敏男・阿部恒充・渡部 弘. 1970. 花き類の栽培管理における光環境の意義. 第 2 報. 光の強さがグロキシニアの生長に及ぼす影響. 園学雑. 39 : 338—345.
7. LEVITT, J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. p. 27—43. Academic Press, New York and London.
8. LYONS, J. M. 1973. Chilling injury in plant. Ann. Rev. Plant Physiol. 24 : 445—466.
9. MASTALERZ, J. W. 1977. The greenhouse environment. p. 156—157. John Wiley & Sons, New York. Chichester. Brisbane. Toronto.
10. 岡田正順・阿部恒充・渡部 弘・小山弘道. 1973. 葉面かん水によるイワタバコ科花き類の葉やけについて. 園学要旨. 昭48春 : 356—357.
11. 大谷俊二. 1985. 紅葉の化学. 化学と生物. 23 : 701—708.
12. POESCH, G. H. 1942. Ring spot on Saintpaulia. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 41 : 381—382.
13. 酒井 昭・吉田静夫. 1982. 植物と低温. p. 18—30. 東京大学出版会. 東京.