

# 気温,日長,日射量がシュッコンカスミソウの生育に及ぼす影響

誌名	野菜・茶業試験場研究報告. A = Bulletin of the National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea. Series A
ISSN	09146644
巻/号	1
掲載ページ	p. 235-247
発行年月	1987年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 気温、日長、日射量がシュッコンカスミソウの 生育に及ぼす影響†

須藤 憲一\*・国重 正昭\*\*・西尾 小作\*\*\*

### I 緒 言

シュッコンカスミソウは流行のスプレー型切り花の代表として需要が急増し、1970年代後半からわずか数年の間に切り花の中では、キク、カーネーション、バラ、ユリに次ぐ生産高を上げるまでに急成長した花きである。その背景には秋季に定植する作型で多発するロゼット化防止対策のための研究がある。例えば武田ら(1981)によるロゼット化の要因の研究、佐本ら(1982)、土井ら(1987)による休眠打破のための低温要求量についての研究、また植松(1981)、木村(1981)、須藤ら(1983, 1984)、塚田ら(1983)によるロゼットを回避するための長日処理や苗あるいは株の低温処理法の研究などによって全国各地の気象条件を生かした周年生産が成立した。これらの研究以外にも現在栽培されている主要品種である‘プリストル フェアリー’が栄養系で繁殖されている間に生態的な変異系統が多数生じ、KUSEYら(1981)はそれらの限界日長が異なること、DOIら(1984)は低温感応性が異なることを指摘し、優良形質を備えた種苗の利用が提唱された。更に栽培土壌環境とロゼット化との関係についても、須藤ら(1983)、吾妻ら(1986)によって土壌水分量、また吾妻ら(1984, 1986)によって土壌量、土壌養分濃度が影響することも明らかにされている。栽培技術の進展により、吾妻ら(1986)は高知県において、秋季から冬季の短日が挿し芽苗を利用した栽培でもロゼット化の原因にならないことを実証した。しかし、三重県では挿し芽苗を利用し9月中旬以降に定植を行う栽培では長日処理が不可欠であり、栽培地の気候環境条件によって生態反応が異なることが示唆された。ロゼット化の問題以外でも生育速度、開花期や品質に種々

の環境が作用して生産に影響しており、栽培が高度化するほど環境制御の問題が多出てきた。このような背景からシュッコンカスミソウの生育反応をより生理・生態的見地に立って解析する必要性が生じ、本研究を行った。実験は主に人工気象室を利用し、シュッコンカスミソウの温度や日長、日射量に対する基礎的な反応を明らかにすることを目的として行った。

本研究を行うに当たり御協力をいただいた、熊本農試守田隆幸、徳島農試浦上好博両氏に対し感謝の意を表する。

### II 日長及び温度がシュッコンカスミソウの生育開花に及ぼす影響

シュッコンカスミソウのロゼット化は秋季の低温短日条件下で観察されるので、温度、日長の相互作用がロゼット化に及ぼす影響を調査し、ロゼット誘起の条件を明らかにするため以下の実験を行った。

#### 1 材料及び方法

品種‘プリストル フェアリー’を使用した。最低気温15℃で管理した母株から、4月上旬に採穂、挿し芽し、2.5号鉢で育成した苗を各区12個体供試した。また前年11月に挿し芽後、加温下でロゼット状で経過した2.5号鉢の苗を処理前に2.5℃暗黒下で2か月間低温処理を行った6個体も処理の一部に加え、苗の低温処理の影響も調査した。

6月1日に6号鉢に定植し、人工気象室に搬入して処理を開始した。設定気温は昼/夜：15/7, 20/12, 25/17, 30/22℃の4区を設けた。6時から18時までは30klx強の照度で照明し、以後は同室を不透明フィルム

\* 花き部(元野菜試験場栽培部)

\*\* 富山県農業技術センター農業試験場野菜花き試験場(同上)

\*\*\* 久留米支場緑化植物研究室(同上)

† この研究の一部は昭和59年春季、秋季及び61年春季園芸学会大会において発表した。

で分断し、それぞれ白熱灯を用い、0, 2, 4時間延長して照明し、12, 14, 16時間日長条件を設けた。肥培管理は水耕用液肥(住友ミネラップA, B; N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O: 7-0-3, 1-3-7)を用い窒素成分で鉢当たり30mgを3回施用した。7月10日まで処理を行い、以後未開花株はガラス室に搬出した。

なお以後「苗」とは挿し芽、発根後2.5号鉢に移植し、数週間育成した挿し芽後1か月程度の苗を示す。低温処理苗は、この鉢で育成した苗を定植日まで記載の期間2.5℃暗黒下で低温処理を行ったものを示す。いずれも無摘心で栽培した。育苗・栽培には黒ボク土に堆肥を混入して堆積した土を使用した。

## 2 結果及び考察

4月挿し芽苗は、最低温の15/7℃・12時間日長区以外はすべて節間伸長を開始した。なお節間伸長開始時期は高温・長日ほど早かったために初期生育が進み、処理開始後29日までの発蕾株が増加した。以後は発蕾が早い区ほど茎長の増加は緩慢になり、開花時の草丈は減少した。初期生育の早晩の指標になる下位の短縮節数は12時間日長区で増加する傾向が認められた。なお12時間日長・15/7℃区の基部の短縮節数は極端に増加したが

20/12℃以上の区の短縮節数には大きな差は認められなかった。

25℃以上の温度条件では処理後1か月程度で開花が始まり、16時間日長区は12時間及び14時間日長区よりわずかに早く開花した。なおロゼット状の生育をした個体は処理後ガラス室へ移動すると急激に伸長して開花した。

低温処理苗はすべて節間伸長を開始し低温・短日条件でもロゼット化しなかった。処理終了時の乾物重を調査したところ、地下部重は低温条件で増加し、地上部重量は昼温が20~25℃の条件で大きくなった。また根重は16時間日長で減少する傾向が観測された。概してT/R率は低温、短日条件で小さくなり、地上部より地下部の生育が進んだ。

人工環境で行ったこの実験では14~16時間の長日条件では最低気温7℃の低温下でも生育の遅延は認められたもののロゼット化せず、長日条件が低温伸長性を高めることが明らかになった。

雨よけ栽培下で行った一実験例ではロゼット化が顕著に認められたのは定植後1か月間の最低気温の平均値が15℃前後になる9月中旬以降であり、電照による長日条件下では定植後1か月間の最低気温の平均値が13~

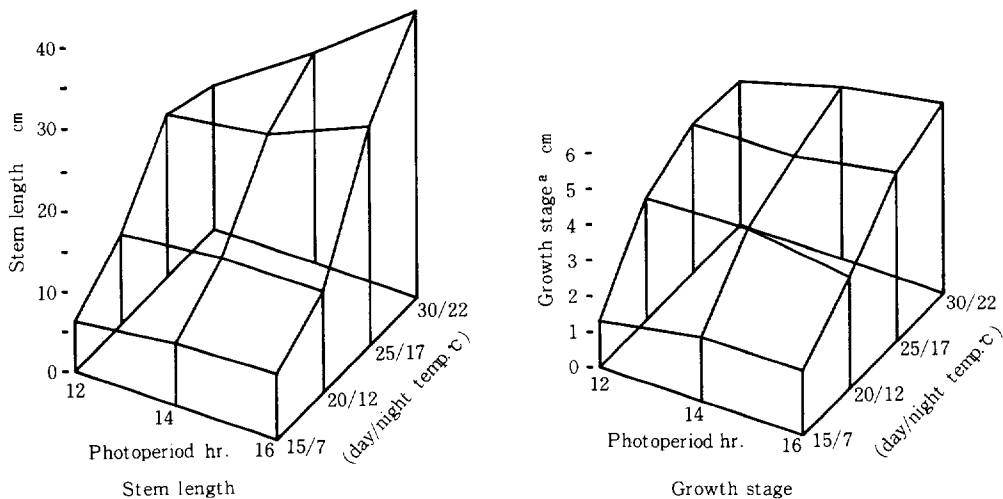


Fig. 1 Effects of temperature and photoperiod on the stem length 14 days after the beginning of treatment and growth stage 29 days after the beginning of treatment in *G. paniculata* cv. 'Bristol Fairy'

<sup>a</sup> Growth stage: 1. rosette state 2. beginning of internode elongation 3. beginning of flower bud development 4. flower bud visible 5. separation of each floret from inflorescence 6. flowering.

Table 1 Effects of temperature and photoperiod on the growth of *G. paniculata* cv. 'Bristol Fairy'

Temp. day/night	Photo- period	Cuttings <sup>a</sup>			Low temperature pretreatment <sup>b</sup>			
		Node number <sup>c</sup>		Days to flowering	Stem <sup>d</sup> length	Dry weight <sup>d</sup>		T/R ratio
		Base	Elongated			Top	Root	
15/7°C	hr.			days	cm	g	g	
	12	15.8	16.8	67.5	17.5	3.94	1.18	3.4
	14	11.5	15.8	57.1	29.7	5.30	1.43	3.9
	16	10.4	16.0	57.2	38.8	4.85	1.00	4.9
20/12	12	12.2	14.7	49.2	51.0	5.51	1.08	5.1
	14	11.3	14.9	49.4	63.5	7.00	1.13	6.3
	16	11.8	15.7	51.8	72.3	6.52	1.02	6.4
25/17	12	11.9	13.8	37.2	76.5	6.96	1.04	7.0
	14	12.5	12.9	39.2	69.5	6.62	0.80	8.6
	16	11.1	12.8	34.4	67.2	6.40	0.66	10.1
30/22	12	13.3	13.6	39.7	67.2	5.92	0.86	6.9
	14	11.1	13.3	35.8	63.2	5.75	0.62	9.5
	16	10.3	12.3	34.3	66.0	6.01	0.54	10.4
LSD 5%		2.2	0.9	3.4	14.3	2.28	0.47	3.3

Treatment was conducted for 37 days in the growth chamber.

<sup>a</sup> About 45 days old cuttings grown in the 7.5 cm pot.

<sup>b</sup> Cuttings were stored for a month in the 2.5°C refrigerator.

<sup>c</sup> On flowering. <sup>d</sup> At the end of treatment.

10°C以下になった時であった(須藤ら, 1984)。これらの結果は今回行った一定環境下での実験結果と比較して、ロゼット化が長日・高温下で起こっていた。このことから温度と日長だけではロゼット化現象を十分に説明することは不可能であり、苗の前歴や他の環境条件の影響を含めて検討することが必要と考えられた。

温度と日長の相互作用を調査した多くの研究があるが相対的に低温・短日がロゼットを誘発する結論には達しているものの、ロゼット誘起の限界値に大きな隔たりがあることは同様な要因が作用していると判断できる。

### III 日射量がシュコンカスミソウの生育に及ぼす影響

前実験の結果からも日長・温度以外の他の要因が生育に影響していることが示唆されたが、生産現場でもシュコンカスミソウの冬季の生育遅延(ロゼット化)を回避するのに長日処理が不可欠な地域や、自然の短日条件では必ずしもロゼットを形成しない地域などがみられている。その理由として日射量の差が地域差を生じる大きな要因になっていると考えられたので、日射量に対する生育反応を、日長、品種を変えて人工環境下で調査した。また実験時期を変えることによって、季節によって変化

する苗の伸長する力も同時に評価することを試みた。

#### 1 材料及び方法

実験は3.6×2.5mの人工気象室で行った。光強度は光源からの距離を3段階に変えて植物を配置して調整し、各10時間日長とした。更に一部を不透明フィルムで覆い、その中で白熱灯を用いて3時間の暗期中断を行って長日条件を設定した。室温は昼間18°C、夜間10°Cのロゼットが発生しやすい秋季の温度条件に設定した。苗の伸長する力の季節変化を検討するために、実験は4月9日、5月20日、9月5日から3回行った。

4月に開始した実験は、11月に挿し芽し、2.5号鉢に移植して冬季屋外で低温に遭遇させた苗を供試して38日間、5月に開始した実験は冬季13°Cで加温養成した母株から採穂した挿し芽苗を供試して42日間、9月に開始した実験は同母株を利用して高温期を経過した挿し芽苗を供試して78日間処理を行った。いずれも最も生育が進んだ区の小花が花序から分離するまで処理を継続した。4月は更に最低光強度区を寒紗で覆う遮光区を設けた。また9月には2か月間低温処理を行った苗も処理の一部に加えた。'プリストル フェアリー'と'ダイヤモンド'を供試し、6号鉢に定植、無摘心で栽培した。各区8株供試し、処理終了時に半数を分解調査し、残り

を長日のガラス室に搬出して開花まで管理した。肥培管理は水耕用液肥を用い窒素成分で30mgを3~4回施した。

LI-COR社製の携帯用光合成蒸散測定装置(LI-6000)を使用し、各光条件下で中位の個葉の見かけの光合成速度を90秒単位で3回測定した。光強度は同社の光量子センサー(LI-190SB)を用いてPPFD(Photo-synthetic Photon Flux Density)の単位で測定した。

## 2 結果及び考察

茎の伸長に及ぼす光強度、日長の影響を試験時期、品種ごとにFig. 2に示した。実験時期の違いによる苗の伸長する力の比較を行うと、生育が早かった区の処理開始後の節間伸長開始日数は4月の実験では14日ごろであったのに対して、5、9月はそれぞれ30、40日以降に遅れた。また、Table 2に表示したように後期の実験ほど根乾物重の増加が著しく、逆に地上部の増加速度が減少する傾向を示した。そのために、9月の実験終了時のT/R率は4月の実験の1/3~1/5に低下しており、苗の生理的変化がみられた。このような苗の生理的な変化を「節間伸長能力」の強弱で以後表現することにする。なお、この「節間伸長能力」は小西(1980)がキクで発表した「生長活性」と同様な茎の伸長力を表現するが、シュコンカスミノウの場合、地下部の伸長の増加は認められるものの、地上部の生育は逆に抑制されていたことから、地上部だけの伸長力の増加を表現する場合には「節間伸長能力」の使用が適切と判断した。低温に遭遇直後の苗は節間伸長能力が高い苗であり、5月に供試した挿し芽苗は自然低温に遭遇していないものの13℃の最低温度でも植物自体は低温として反応しある程度の節間伸長能力を有している苗と考えられる。9月に供試した苗は極度に節間伸長能力が低下した苗である。

4月の実験では強、中光区間では茎の伸長速度に有意差は無かったが、PPFDが $303 \mu\text{ES}^{-1}\text{M}^{-2}$ に低下した弱光区は生育が遅れた。また $100 \mu\text{ES}^{-1}\text{M}^{-2}$ の遮光区は初期に徒長的に伸長したが、その後の伸長は緩慢となり、上部節間が短縮したために高所ロゼットになった。なおガラス室へ移動後に高所ロゼットを示した節より上位の節は正常に伸長し開花した。長日-弱光区の茎長は短日-中あるいは強光区と同等であり、弱光下の生育遅延は長日条件で緩和されることが明確になった。強、中、弱、遮光条件下での見かけの光合成速度は品種と日長条件を平均した場合それぞれ、24.5、21.0、15.4、6.3mgCO<sub>2</sub>dm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>(LSD 5%=0.6mgCO<sub>2</sub>dm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>)で

あった。

5月の実験でも短日-弱光区は節間伸長能力の低下によりすべてロゼット化したのに対して、短日-中、強光区や長日-弱光区は長日-中、強光区に比較して生育は遅れたものの節間伸長を開始した。中、強光区間の生育に差が無かったり、中光区の生育が良くなった事例はある程度の光強度があればロゼット化しないと判断できる。

9月の実験では処理期間中に節間伸長を開始しない個体が短日条件で多発した。78日間の処理中に約10cm以上の茎長に達し節間伸長を開始したと判断できた個体は強光区でも両品種とも63%であり、苗の節間伸長能力の低下が顕著に観察された。Fig. 2の「プリストル フェアリー」で後期中、弱光区の伸長が開始しているが、これは特異的に伸長した個体が生じたためであり、75%は節間伸長を開始しなかった。「ダイヤモンド」は中、弱光区全個体が節間伸長を開始しなかった。このように節間伸長開始までに長期間要したが、強光の効果が観察された。なお節間伸長を開始しなかった個体はガラス室に移動後も日射量が少ない時期のためにロゼット状の生育を続けた。

一方長日区では「プリストル フェアリー」は強、中、弱光条件でそれぞれ75、75、38%、「ダイヤモンド」が同じく、88、75、100%の個体が節間伸長を開始し、長日のロゼット回避効果が明確に観察できた。茎の伸長は「プリストル フェアリー」は有意に強光条件で進んだ。「ダイヤモンド」でも類似の傾向を示した。

9月の実験結果は苗の節間伸長能力の低下が顕著であったこと、また設定気温が18/10℃(昼/夜)と低温であったことが影響し、ロゼット化する個体が生じたためにやや茎の伸長速度について変異が大きい結果になったが日射量が生育に及ぼす影響は大きいと結論できる。苗の低温処理によって節間伸長能力を高めた苗は4月の実験と同様に中光強度・長日条件より劣るが弱光・短日条件でも伸長しており、低温遭遇の有無が節間伸長能力に与える影響が大きいことが示された。

以上の結果から光強度は生育に影響し、 $300 \mu\text{ES}^{-1}\text{M}^{-2}$ のPPFDでは節間伸長能力が低下すること、節間伸長能力が極度に低下した苗では $578 \mu\text{ES}^{-1}\text{M}^{-2}$ の光強度でかろうじてロゼットを回避できることが明らかになった。 $300 \mu\text{ES}^{-1}\text{M}^{-2}$ のPPFDは人工気象室内では23klx、自然光に換算すると約17.4klxに相当する。10時間の照明で約11E/m<sup>2</sup>dayに相当するが、この値は三重県にある当試験場の冬季(11~1月)の温室内の一日当たり平均日射量に近い値であり、低日射量が秋~冬季定植苗

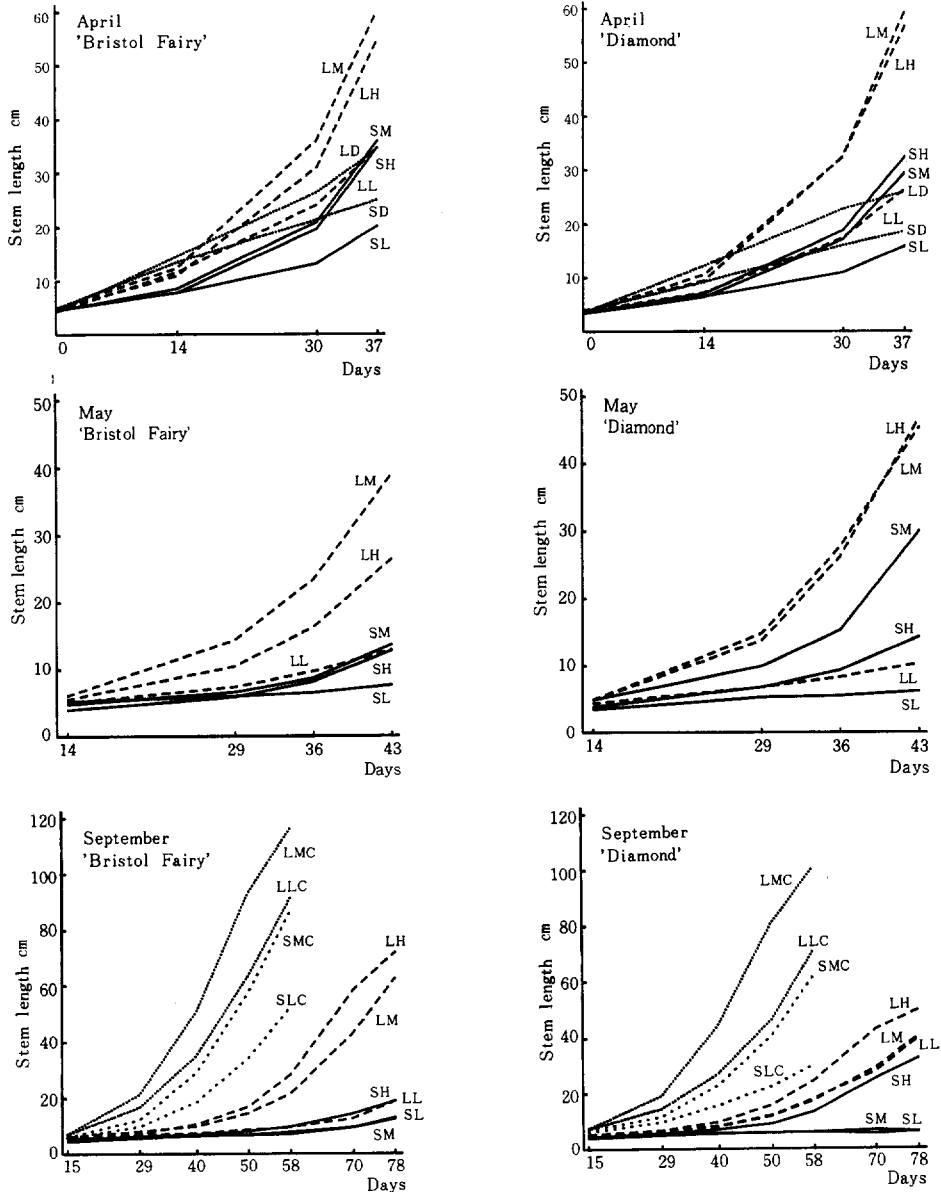


Fig. 2 Effects of light intensity, photoperiod and experimental season on the growth of two cultivars of 'Bristol Fairy' in *G. paniculata*

Explanation of mark in Fig. 2

Light intensity	Photoperiod			
	10+3 hr.	10 hr.	(10+3 hr. 10 hr.) <sup>a</sup>	
High	LH	SH		
Medium	LM	SM	LMC	SMC
Low	LL	SL	LLC	SLC
Very low	LD	SD		

<sup>a</sup> Cutting with low temperature pretreatment.

Table 2 Effects of photoperiod, light intensity and experimental season on the growth in *G. paniculata* cv. 'Bristol Fairy'

Photo-period	Light intensity	Dry weight (g/plant)						Top/root ratio		
		Top			Root			ratio		
		<sup>a</sup> Apr.	May	Sept.	Apr.	May	Sept.	Apr.	May	Sept.
10hr.	High	7.05	6.07	6.21	1.38	2.11	6.61	5.25	2.95	0.94
	Medium	6.55	4.78	5.06	1.35	1.37	6.27	4.89	3.52	0.81
	Low	3.04	2.90	3.84	0.60	1.06	3.68	5.85	2.72	1.04
	Very low	1.15			0.32			3.75		
10 + 3hr.	High	7.95	7.55	6.46	1.64	2.33	6.46	5.08	3.35	1.66
	Medium	7.88	7.02	6.27	1.23	1.79	6.27	6.47	3.98	1.51
	Low	3.90	3.25	4.72	1.04	1.06	3.87	4.24	2.35	1.33
	Very low	0.90			0.35			2.78		
LSD 5 %		1.17	1.76	4.30	0.48	0.50	1.83	3.36	1.49	1.01

'Diamond'<sup>b</sup> showed the same tendency as 'Bristol Fairy'.

Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) at high, medium, low, very low light intensity treatments were about 578, 452, 303, 100  $\mu\text{ES}^{-1}\text{M}^{-2}$  respectively.

Day and night temperature was 18, 10 °C respectively.

<sup>a</sup> Experimental season.

Apr. : cuttings grown in 7.5 cm pot were chilled during winter in the open.

May : cuttings were propagated from stock plants grown at minimum night temperature of 13 °C, and grown in 7.5 cm pot about 2 weeks.

Sept. : cuttings were propagated from the same stocks and grown same ways listed above.

Each experiment was conducted for 36, 44, 78 days respectively, till florets separated from a inflorescence.

<sup>b</sup> One vegetative mutant of cv. 'Bristol Fairy'.

の生育遅延ないしロゼット化要因の一つになっていることは明らかである。低日射量がどのような機作で生育遅延をもたらすのかは明らかでないが、乾物生産量の違いだけでないことは、同じ日射量の長日条件や、低温処理苗が生育していることから推定できる。日射量が休眠や開花反応に対する機作は光合成産物の必要性から理解されているだけであり、この実験で観察された日射量による節間伸長能力の低下あるいは休眠への生理的な影響の検討が必要である。

#### IV 日長がシュッコンカスミソウの生育開花に及ぼす影響

シュッコンカスミソウのロゼット化は温度や日長が下降する9月以降に現れる。この時期は日長の減少が最も著しい時期であるため、この刺激がロゼット化に影響を及ぼすことも考えられた。また前記実験結果から、悪環境下で長日処理のロゼット回避効果が高いことから、日長の作用機作を明らかにすることは重要である。この実

験は自然環境に近い日長を人工的に作り、日長に対する生育反応をより明らかにすることを試みた。

#### 1 材料及び方法

実験は温室と暗室間を台車上で移動して日長を操作する施設を利用して行った。縦0.9×横1.4mの台車にベッドを置き、25cmの深さに堆肥を混入した黒ボク土壌を入れて栽培した。前試験と同一の液肥を使用し、ベッド当たり11g窒素に相当する量を初期の3回の灌水時に分施した。

実験は春と秋の2回行った。春季の実験は初期日長を12, 14, 16時間、秋季は10, 12, 14時間に設定し、この時間より毎日+2, 0, -2分ずつ変化させ、2か月間継続した。なお自然光に遭遇する時間を一定にするために春季は8時40分から18時20分、秋季は9時から17時の間はガラス室内で管理した。以後暗室に移動して1.5×1.6mの空間を100V白熱灯1灯で不足時間を照明し日長を変化させた。

春季の実験は'ブリストル フェアリー'と'ダイヤ

モンド'の2種類の苗を供試した。冬季最低気温15℃設定で管理した母株から採取した穂を4月17日に挿し芽して得た苗と、前年11月に挿し芽し、加温下でロゼット状に生育した苗を1.5か月間低温処理を行った苗を用いた。18苗を20×20cm間隔で定植し、5月15日から7月15日まで処理を行った。

秋季の実験は'ブリストル フェアリー'を供試し、2.5℃で約1, 1.5, 2か月間暗黒下で低温処理を行った苗と8月挿し芽苗、及び開花後の株を掘り上げ、2か月間低温処理を行った冷蔵株を3~6苗(株)供試した。

## 2 結果及び考察

春季の実験は供試苗の品種や低温処理の有無と日長処理間に相互作用が無かったので、日長処理の影響のみを他の条件を平均した結果で示した。

Fig. 3に示したように処理48日後の茎長とこの日までの毎日の日長を積算した積算日長の間には $r = 0.98$ (1%レベルで有意)の高い相関があり、日長が生育に対して量的に影響していることが明らかになった。日長が生育のどの時期まで影響しているのかを検討するために、処理開始後からの毎日の日長の積算期間と茎長との相関(2次)を求めてみると、Fig. 4に示したように処理30日後の茎長は同期間の積算日長、48日後の茎長も同期間の積算日長との間に最も高い相関があり、日長は常時生育に影響を与えていることが示唆された。なお、各初期日長別に日長の増減の影響を検討すると、初期日

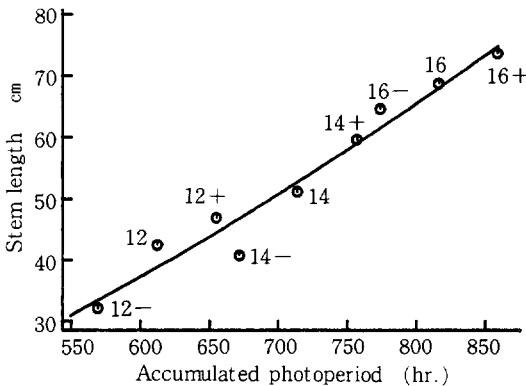


Fig. 3 Relationship between accumulated day length and stem length 48 days after the beginning of treatment in *G. paniculata* cv. 'Bristol Fairly'

Numerals are initial photoperiod and + or - indicate the decrease or increase of photoperiod 2 minutes a day.

長との間に有意差が認められたのは、12時間日長の減少区と14時間日長の減少及び増加区であり、他の区は有意差は無かった。すなわち初期日長が短い場合には短縮節が増加して生育が遅れたように減少の影響が最も顕著に現れたのに対して初期日長が長い場合には日長の増減の影響は顕著で無かった。以上のことは広い日長範囲では日長の影響が量的であると判断できるものの、増加していく日長、あるいは減少していく日長の植物への影響は初期日長によって異なっていることを示している。

秋季の実験(Fig. 5)では無低温処理の8月挿し芽苗は全区ロゼット化し節間伸長を開始した個体は無かった。低温処理苗も積算日長が少ない条件でロゼットが多発したが、低温処理期間の増加に応じてロゼット化を回避し、生長が進む傾向が認められた。低温処理株は全区伸長し、10時間以下になる日長条件でもロゼット化しなかった。積算日長と草丈間に1.5か月低温処理苗では $r = 0.76$ (5%レベルで有意)の相関が有り、生育が積算日長に影響されている傾向が認められたが、半数の区がロゼット化したために、日長の増減処理の影響や、影響期間などの把握は不可能であった。秋季にロゼットが多発したのは自然光への遭遇時間が春季10時間に対して、秋季は8時間に設定したこと、秋季から初冬に行った実験のために日射量が少なかったことが原因と判断できる。特に14時間日長区の生育が悪かったのはこの区が日陰が多い温室の隅部に配置されたことによる日射量不足が影響している。

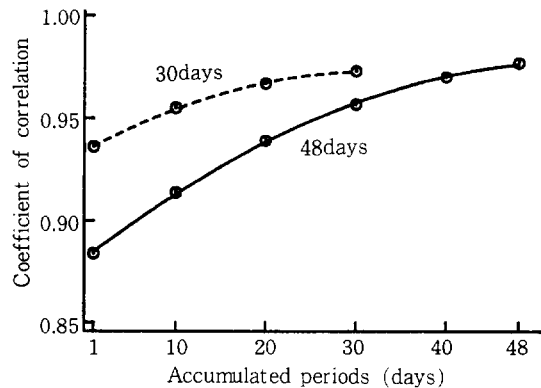


Fig. 4 Coefficients of correlation between stem length of 30 or 48 days after the beginning of treatment and daily accumulated photoperiod till those days described in horizontal axis in spring examination in *G. paniculata* cv. 'Bristol Fairly'



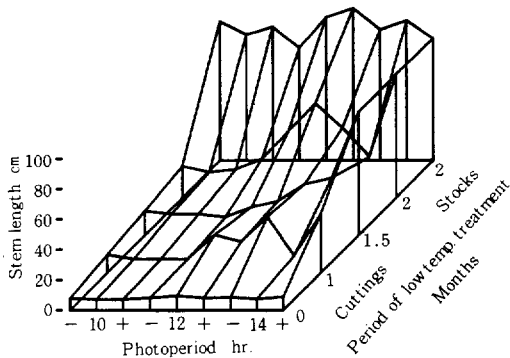


Fig. 5 Effect of photoperiods and low temperature pretreatment on the growth of stem in autumn examination in *G. paniculata* cv. 'Bristol Fairy'

<sup>a</sup> Numerals are initial photoperiod and + or - indicate the decrease or increase of photoperiod 2 minutes a day.

これらの実験結果からシュコンカスミソウが日長に対して量的に反応していることが明確に認められた。しかしこの日長に対する生育反応も日射量や低温遭遇の程度による苗の節間伸長能力の差によって、強く影響されていることが明らかになった。

## V 高温がシュコンカスミソウの生育に及ぼす影響

短日下の高温は生育に対して抑制的に働き、それがロゼット化の原因になることが植松(1981)、武田(1984)によって報告されている。また高温期の8~9月に定植する作型では、切り花長の不足や、俗に「だんご花」といわれている多弁化した奇形花の発達など高温が影響する生育障害が多い。この実験は節間伸長能力に關する苗の低温遭遇の程度が高温下での生育反応に及ぼす影響を検討し、高温の作用機作を明らかにすることを試みた。

### 1 材料及び方法

「ブリストル フェアリー」を供試した。人工気象室3室を利用し、35/27(昼/夜気温)、30/27、25/17℃の3温度条件を設定した。6時から18時までは約300  $\mu$  ES<sup>-1</sup>M<sup>-2</sup>で照明し、更に22時まで白熱灯で照明して16時間の長日条件にした。7月29日に挿し芽して育苗した苗と、育苗後1、1.5、2か月間低温処理をした苗及

び4~5月に開花した株の根株を掘り上げ、ビニル袋に入れて2.5℃で冷蔵を行った株も供試した。9月1日に苗は4号鉢、株は6号鉢に定植し、処理を開始した。苗は無摘心、株は3本に整枝して1か月間栽培した。苗は10株を供試し、処理後に5株を分解調査し、残りを25/17℃室に移動した。冷蔵株は15鉢供試し、3鉢は15日目に25/17℃室に移動して、高温が影響する時期も検討した。3株を分解調査し、残りはガラス室に移動し開花時の形質を調査した。またLI-COR社製携帯用光合成蒸散測定装置(LI-6000)を使用して中位の個葉の見かけの光合成速度を5回測定した。

### 2 結果及び考察

結果をTable 3に示した。初期生育に及ぼす温度の影響を処理15日後の茎長で比較すると、無低温処理苗は高温ほど伸長していた。しかし低温処理苗の高温区は極初期の生育の進みが観察されたが、節間伸長の抑制も早く起こり、茎長は30、35、25℃(昼温)の順に逆転した。なお、それでも伸長量は全無低温処理区より大きかった。これらの結果は極初期には高温は生育促進に作用していることを示している。しかし、28日後の調査では節間伸長の抑制が顕著になり茎長が短くなった。

処理後15日で高温の作用が促進から抑制に転換している事実が確認された。

また高温環境から低温環境への移動時期の影響を調査した結果では、高温下で生育した個体は低温へ移動後に伸長量を回復することを示した。高温でロゼット化した武田(1984)の結果とは異なった傾向を示したが、前実験の15/7℃から30/22℃の温度環境で日長を組み合わせた調査でも、12時間の短日条件の高温が初期生育を早めることを確認しており、極高温-極短日を組み合わせた環境での生育遅延の問題は残されているが、栽培時の高温がロゼット化を助長することはこの実験では観察できなかった。

冷蔵株について小花の花径を調査した。低、中、高温区がそれぞれ、7.5、10.7、11.8mm(LSD 5% = 0.9mm)であり、高温ほど小花が多弁化して巨大化し、奇形花になった。なお花芽の発達が進んでいない15日目に移動した個体には奇形花が生じず、花芽発達中の高温が奇形花の発生に影響することが観察された。

約260  $\mu$  ES<sup>-1</sup>M<sup>-2</sup>の光強度下での個葉の見かけの光合成速度は35、30、25℃それぞれ9.7、10.9、14.9mgCO<sub>2</sub>dm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>(LSD 5% = 3.95mg)であり、高温ほど光合成速度の低下が認められた。1か月処理後の高温区の

Table 3 Effects of high temperature and the low temperature pretreatments on the growth in *G. paniculata* cv. 'Bristol Fairy'

Low temp. pretreatment	Temperature Day/Night	Stem length 15 days	Growth after 28 days				At flowering		
			Stem length	Fresh weight	Growth <sup>a</sup> stage	Node <sup>b</sup> number	Stem length	Days to flower <sup>c</sup>	
Cuttings <sup>b</sup>	°C	cm	cm	g/plant			cm	days	
None	25/17	7.3	28.4	22.6	2.8	12.8 + 13.0+	76.4	48.6	
	30/22	8.4	43.9	17.4	4.1	13.6 + 14.2	63.2	40.2	
	35/27	11.8	35.1	12.2	4.1	9.0 + 16.8+	49.0	45.8	
1 month	25/17	16.4	77.9	35.4	3.9	9.8 + 16.6	109.6	41.4	
	30/22	18.7	73.2	30.0	5.1	5.8 + 18.0	81.4	36.8	
	35/27	17.8	45.1	22.4	4.4	6.8 + 17.6	56.8	44.6	
2 months	25/17	11.8	52.6	39.2	3.7	11.4 + 15.4	97.2	45.6	
	30/22	15.3	57.8	26.6	4.1	10.0 + 16.4	73.8	39.6	
	35/27	14.0	38.8	16.6	4.1	6.8 + 18.0	55.0	41.8	
Stocks <sup>e</sup>	2 months	25/17	8.8	51.7	17.4	3.9	2.7 + 14.4	79.7	42.9
		30/22	11.5	46.0	10.1	4.1	2.1 + 15.3+	64.4	40.2
		35/27	7.3	27.5	5.6	4.1	0.6 + 13.0+	57.5	54.3
		30/22-25/17 <sup>f</sup>	7.7	56.4	—	3.9	—	83.4	43.6
		35/22-25/17 <sup>f</sup>	5.5	39.7	—	2.7	—	73.2	49.1
	(LSD 5% <sup>g</sup> )		2.9	8.1	4.8	0.5	2.9 + 2.1	7.5	4.7

Photoperiod was 16 hr. and PPFD was about 300 μ ES<sup>-1</sup> M.<sup>2</sup>

<sup>a</sup> Growth stage at 28 days after beginning of treatment.

Numerals were previously described in Fig. 1.

<sup>b</sup> Not elongated node + elongated node (+plants with not fully expanded leaves).

<sup>c</sup> Days to flowering from the beginning of treatment.

<sup>d</sup> Cuttings were propagated from stock plants grown at minimum night temperature of 13 °C, and grown in 7.5cm pot for about 2~3 weeks. After this, they are stored for described periods in the 2.5 °C dark refrigerator.

<sup>e</sup> One year old stocks flowered in spring were dug out in late June and stored in the 2.5 °C refrigerator.

<sup>f</sup> Plants were moved to low temperature after 12 days.

<sup>g</sup> The transition plants were not included.

生体重は低温区の60%前後に減少した。また着花側枝数も高温で減少した。35 °C区の開花日は側花芽を持つ奇形花が異常に発達したために更に遅れた。奇形の程度が小さい30 °C区が処理後35から40日で最も早く開花した。

苗の低温処理による伸長量の増加は高温条件でも認められた。しかし低温処理の効果期間は、伸長節の節間長に低温処理の有無の差が無いこと、短縮節数が低温処理苗で少なく、逆に伸長節数が増加していることなどから、生育初期の節間伸長開始時期にのみ影響し、後期までの影響はないように考えられた。なお低温処理によって高温環境で商品性を得るのに十分な茎長や品質は確保

できなかった。

なお冷蔵株を整枝のために除去した茎の頂芽を9月12日に顕鏡して観察したところ、25/17~30/22 °Cの温度区では生長点付近の腋芽の分化が盛んに行われており、生殖生長に移行していると判断できたが、35/27 °Cでは低温条件に比較して生長点が小さく、発育が遅れていた。この区は開花期が最も遅かったことから、極高温が生殖生長を遅延することも考えられたが冷蔵株の一部に見られた現象であり、発根の遅れなど2次的な影響が作用したと考えられた。

## VI 電照照度と生育

シュッコンカスミソウを秋季に定植する作型では塚田ら(1983), 須藤(1984)によって電照による長日処理でロゼット回避や生長の促進効果が高いことが明らかになっている。またSHILLOら(1982)は60~100 lxまで電照照度が高くなるほど切り花数が増加したことを示している。この実験はロゼットの発生が顕著になる9月中旬定植の作型で電照照度が生育に及ぼす影響を苗の低温遭遇の有無による節間伸長能力の違いを組み合わせで検討した。

### 1 材料及び方法

‘ブリストル フェアリー’と‘ダイヤモンド’の挿し芽苗及び1.5か月低温処理苗を供試した。間口5m, 長さ20mの雨よけビニルハウス内にうね間1mで幅50cmのうねを作り, 1うね3条に, 条間15cm, 株間30cm間隔で定植した。各品種, 苗の種類ごとに, ハウス中央部までの10mの長さに34株を定植した。ハウス中央部に100W白熱灯を横方向に3灯設置し, 電灯位置からの距離によって照度を変化させた。暗期中断は21時から1時まで4時間行った。9月17日に定植し, 12月19日に茎長を調査した。

### 2 結果及び考察

‘ブリストル フェアリー’と‘ダイヤモンド’の処理後約2か月後の茎長に及ぼす電照照度と低温処理の有

無の影響をFig. 6に示した。両品種とも低照度下の無低温処理苗の初期生育が遅れロゼット化率が高まったが, 照度が高くなるとともに生育は進んだ。低温処理苗はロゼット化した個体はなかったが, 高照度ほど生育が促進された。

ロゼット回避を目的にするのであれば20 lxの照度でかなりの効果が期待できるがこの実験の最高照度の75 lxの範囲では高照度ほど生育促進効果が高いことが明らかになった。特に定植後低温期に向かう作型では温度が十分にある間の電照による初期生育の促進はロゼット回避ばかりで無く, 開花期の前進に効果が高いと判断できる。

## VII 総合考察

シュッコンカスミソウのロゼット化が種々の環境で誘導されることは前述した通りであるが, 吾妻ら(1984, 1986)は栽培土壌環境が良好であればハウス内の栽培でロゼット化しないことを示した。本報告で示した人工環境下で行った幾つかの実験の中でも, 10時間の短日条件の強照度下ではロゼットを回避する傾向を示したし, 20/13℃(昼/夜), 12時間日長でもロゼットを回避した。以上のことはシュッコンカスミソウが本質的にかなりの低温, 短日条件でロゼットを形成しないことを示している。しかし実際に三重県の当地の自然環境下で栽培すると9月中旬以降の定植では大部分がロゼット化する。9月中旬の日長は薄明, 薄暮時間を入れると13時間強になり毎日約2分ずつ日長が減少していく時期である。温

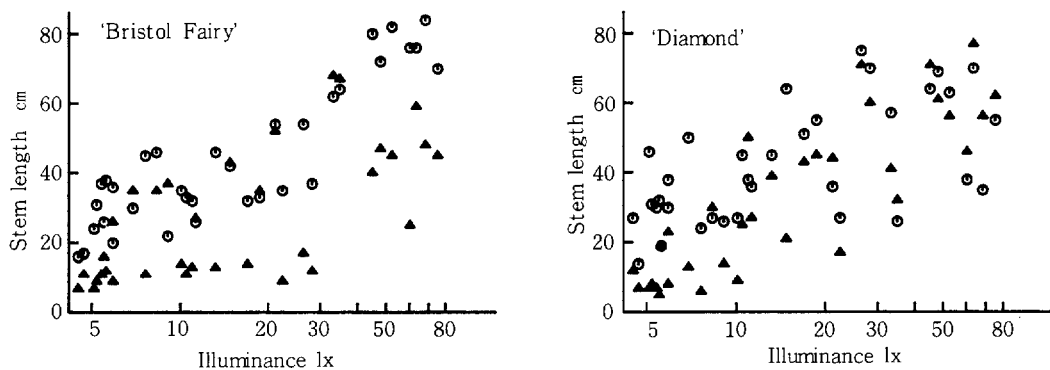


Fig. 6 Effect of light intensity during night-break treatment and low temperature pretreatment on the growth of cutting in *G. paniculata* cvs. 'Bristol Fairy' and 'Diamond'

- cuttings with low temperature pretreatment.
  - ▲ Cuttings without low temperature pretreatment
- Log scale.

度環境も前記実験の場合より高温である。異なる点は苗の節間伸長能力の違いと日射量にしばられる。

苗のロゼット化は夏期の高温期を経過すると増加することが武田ら（1982）によって報告されており、この実験でも同一人工環境で行った春季の実験と秋季の実験で、前者に比較し後者は地下部の生育割合が増加するなどの苗質の変化が確認されている。苗質の低下は苗の低温処理によって回復されるがこれは低温処理による節間伸長能力増加作用と理解できる。日射量の影響も本実験結果あるいは須藤（1984）が遮光下で生育反応を検討した結果から、弱光がロゼットを誘発することは明らかである。なおロゼットを誘発する日射量の程度は5月の短日下の実験では17E/m<sup>2</sup> day、秋季の短日下の実験では21E/m<sup>2</sup> dayの日射量でロゼットを回避する傾向を示したことから、苗の節間伸長能力の程度によって異なることが示された。21E/m<sup>2</sup> dayの日射量を自然光に換算した場合、全日射量は約10MJ/m<sup>2</sup>に相当する。この値に温室室内光透過率80%を差し引くと12.5MJ/m<sup>2</sup>の屋外日射量になる。この値の月平均日射量がある時期はロゼットにならないと判断すると、理科年表（1984）から名古屋では3～9月、高知では2～10月が安全圏であり、地域差があることがうかがえる。日射量がロゼットを誘因する限界値については苗の節間伸長能力の評価、温度の影響を含めてより検討する必要があるが、当地でのロゼット回避の定植期の限界期が9月中旬であることから前に示されたロゼット回避の日射量値はほぼ匹敵していると想定される。

これまで低温と短日が秋季から冬季のロゼット化現象に影響していると理解されていたが、この実験で日射量の影響も重要であることが明らかになり、同時に変化していくこれらの環境が単独、あるいは相助的にどのような機作で体内生理に影響しているかの解明は、苗が持つ節間伸長能力の生理的な解明と合わせて、今後の研究課題である。

## VIII 摘 要

気温、日長、日射量及び低温遭遇量に対するシュコンカスミソウの生育反応を明らかにする実験を人工環境下で行った。

1) 気温（15/7, 20/12, 25/17, 30/22℃昼/夜）、日長（12, 14, 16時間）、低温処理が「プリストル フェアリー」の生育に及ぼす影響を調査した。気温15/7℃、12時間日長で低温に遭遇していない苗だけがロゼット

状態の生育をした。気温が高いほど、また日長が増加するほど生育は進んだ。

2) 日射量（578, 452, 303 μES<sup>-1</sup>M<sup>-2</sup>）及び日長（10, 10+3時間暗期中断）が生育に及ぼす影響を4, 5, 9月から3回、18/10℃（昼/夜）の気温に設定した人工気象室で調査した。実験時期が遅くなるほど地上部の生育速度すなわち節間伸長能力が低下した。節間伸長能力が低下した苗を使用した実験では弱光・短日条件では大部分がロゼット状態で経過した。しかし長日下あるいは節間伸長能力が高い苗は弱光条件でも節間伸長を開始した。

3) 日長の増減の影響を春季と秋季に調査した。春季の実験では茎長と測定時までの積算日長との間に高い相関があった。12時間から減少していく日長で節間伸長開始時期が遅れた。秋季の実験では低温処理を行っていない苗は日長に関係なくロゼットを形成した。1～2か月低温処理を受けた苗は獲得した節間伸長能力と日長に応じて伸長した。節間伸長能力が最も高い冷蔵株は最低の10時間から減少していく日長でもロゼットを形成しなかった。

4) 高温（25/17, 30/22, 35/27℃）が生育に及ぼす影響を調査した。30℃以上の高温は節間伸長開始時期を早め、処理直後の生育を早めるが、その後は節間を短縮し、草丈を減少させた。高温処理2週間後に低温環境に移行した株は生育が回復し、内生的な高温の後影響は消失すると判断できた。低温処理苗は伸長節数が増加し、茎長の減少に及ぼす高温障害をわずかに回復した。高温はロゼットを誘導しなかった。

5) 暗期中断時の電照照度の影響を調査した。低温処理を行っていない苗ではロゼット株が約20 lx以下の照度で増加した。照度の増加によってロゼット株が減少し、また草丈も高くなった。低温処理を受けた苗は照度の増加とともに生育が進み、ロゼットを形成しなかった。

6) 以上の結果からシュコンカスミソウのロゼット化は、苗の節間伸長能力が弱く、低温、短日や日射量が少ない場合に顕著になるが、苗の節間伸長能力が高くまた日射量が多い場合はかなりの短日（10時間日長）・低温（15/7.5℃）まで回避可能と判断された。日射量の少ない時期・地域では、長日処理あるいは苗の低温処理、又は両者の組み合わせがロゼット回避に有効である。

## 引用文献

- 1) 吾妻浅男・犬伏貞男・島崎純一 (1984) : (予報) 定植床の条件がシュクコンカスミソウの挿芽苗のロゼット化に及ぼす影響. 昭59年秋季園芸学会発表要旨, 316~317.
- 2) ——— (1986) : シュクコンカスミソウの挿芽苗のロゼット化の要因について. 昭61年秋季園芸学会発表要旨, 370~371.
- 3) DOI, M., Y. TAKEDA & T. ASAHIRA (1984) : Differences in flowering response to low temperature among cultivars of *Gypsophila paniculata* L. and among vegetative lines of cv. Bristol Fairy. *Mem. Coll. Agric., Kyoto Univ.*, 124, 27~34.
- 4) 土井元章・森田隆史・武田恭明・浅平 端 (1984) : シュクコンカスミソウの奇形花発生に及ぼす高温の影響. 昭59年春季園芸学会発表要旨, 292~293.
- 5) ——— (1987) : シュクコンカスミソウ栄養系統の広域的生態比較による生育と温度に関する数的解析 (総括). 科学研究費補助金 (試験研究), 研究成果報告書, 61, 105~111.
- 6) 木村喜久夫 (1981) : 宿根カスミソウの生育開花調節に関する研究 (第3報) 古株年齢別の冷蔵処理が開花期に及ぼす影響. 昭56年秋季園芸学会発表要旨, 306~307.
- 7) 小西国義 (1980) : キクのロゼット化に関する研究. 園学雑, 49, 107~113.
- 8) KUSEY, W.E.Jr., T.C. WEILER & P.A. HAMMER (1981) : Seasonal and chemical influences on the flowering of *Gypsophila paniculata* 'Bristol Fairy' selections. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 106, 84~88.
- 9) 佐本啓智・須藤憲一・中川 脩・田中聖子 (1982) : 挿芽苗による宿根カスミソウの周年栽培法の検討. 昭57年春季園芸学会発表要旨, 364~365.
- 10) SHILLO, R. & A.H. HALEVY (1982) : Interaction of photoperiod and temperature in flowering-control of *Gypsophila paniculata* L.. *Sci. Hort.*, 16, 385~393.
- 11) 須藤憲一・国重正昭・中川 脩・西尾小作 (1983) : シュクコンカスミソウの小苗の生育に及ぼす低温処理の影響. 昭58年秋季園芸学会発表要旨, 302~303.
- 12) ——— (1984) : シュクコンカスミソウのロゼット回避法. 農及園, 59, 581~586.
- 13) 武田恭明 (1984) : 省エネルギー型施設園芸を目的とした宿根花き導入に関する基礎的研究. 科学研究費補助金 (一般研究B) 研究成果報告書, 58, 1~27.
- 14) ———・土井元章・浅平 端 (1981) : シュクコンカスミソウのロゼット化に及ぼす温度, 光及び苗齢の影響. 昭56年秋季園芸学会発表要旨, 377~373.
- 15) ——— (1982) : シュクコンカスミソウのロゼット化に及ぼす前歴の低温および高温の影響. 昭57年春季園芸学会発表要旨, 382~383.
- 16) 塚田晃久・宮沢洋一・長瀬嘉迪 (1983) : 宿根カスミソウのロゼット化に及ぼす温度・日長の影響および間欠電照の効果. 昭58年秋季園芸学会発表要旨, 300~301.
- 17) 植松盾次郎 (1981) : 宿根カスミソウロゼット解除後の日長・温度と生育・開花の関係. 農耕と園芸, 26(9), 138 ~ 139.
- 18) 東京天文台 (1984) : 理科年表. 昭和60年. 259pp, 丸善, 東京.

## Effects of Temperature, Photoperiod and Light Intensity on the Growth of *Gypsophila paniculata* L.

Kenichi SUTO, Masaaki KUNISHIGE and Kosaku NISHIO

### Summary

The current experiments were conducted to analyze the responses of *G. paniculata* to the temperature, photoperiod, light intensity, low temperature pretreatment under artificially controlled conditions.

1. Effects of temperature (15/7, 20/12, 25/17, 30/22 day/night °C), photoperiod (12, 14, 16 hr.) and the low temperature pretreatment on the growth of cuttings in 'Bristol Fairy' were examined. The plants not subjected to the low temperature pretreatment which were grown under a 15/7°C and 12 hr. daylength regime exhibited a rosette type of growth. The growth was promoted both by the increase of the temperature and the photoperiod.

2. Effects of three levels of light intensity (578, 452, 303  $\mu\text{ES}^{-1}\text{M}^{-2}$ ) and two levels

of photoperiod (10, 10+3 hr. night-break) were also examined in April, May and September in a growth chamber controlled at 18/10 °C. With the delay in the experimental season in a year, the growth rate of the top, namely the potential for internode elongation decreased. When the examination was carried out by using the cuttings with a low potential for internode elongation, most of the plants exhibited the rosette type of growth with the treatment combining a low light intensity ( $303 \mu\text{ES}^{-1}\text{M}^{-2}$ ) and short photoperiod (10 hr.). In the cuttings grown under a long photoperiod or subjected to the low temperature pretreatment the internodes began to elongate, even though they were grown under low light intensity conditions.

3. Effects of a daily decrease or increase of the photoperiod on the growth of the cuttings were examined in both the spring and autumn experiments. In the spring experiment, the stem length was highly correlated with the accumulated daily photoperiod during the growing period. The onset of stem elongation in the plot under a decreasing photoperiod from 12 hr. was delayed. In the autumn experiment, the cuttings not subjected to the low temperature pretreatment showed the rosette type of growth regardless of the photoperiod. The growth pattern of the cuttings subjected to the low temperature pretreatment for one to two months corresponded to the potential for internode elongation acquired during the exposure to low temperature and to the photoperiod. On the contrary, stocks with a high potential for internode elongation associated with the low temperature pretreatment did not lead to the formation of rosette plants, even though the photoperiod was shortest.

4. Effects of a high temperature (35/27, 30/22, 25/17 °C) on the growth were studied under long day conditions. High temperature promoted the onset of stem elongation at the beginning of the treatment. But later, the length of the internodes decreased by the high temperature. As the growth rate of the stock plants transferred from a high to a low temperature (25/17 °C) after two weeks of treatment recovered, the physiological after-effects of high temperature disappeared. In the plants subjected to the low temperature pretreatment the number of elongated internodes increased and the high temperature depression in stem length was alleviated. High temperature did not induce the rosette type of growth.

5. Effects of the light intensity during night-break and of the low temperature pretreatments in the cuttings were examined. The number of rosette plants in the cuttings not subjected to the low temperature pretreatment increased as the light intensity decreased below about 20 lx. The higher the light intensity, the lower the number of rosette plants and longer the stem. The cuttings subjected to the low temperature pretreatment did not show any rosette type of growth, and the growth was promoted by the high light intensity.

6. These findings suggest that the rosette type in *G. paniculata* is induced by the low potential for internode elongation as an internal factor and low temperature, short photoperiod, low light intensity as external factors. When the plants maintain a high potential for internode elongation and grow at a high light intensity, the rosette type of growth can not be induced by the low temperature (15/7 °C) and the short day treatments (10 hr.). It is also suggested that when the light intensity is low both or either the long photoperiod treatment and the low temperature pretreatment applied to promote the potential for elongation are effective in avoiding the rosette type of growth.