ファレノプシスの花成誘導前の光強度が花成誘導時の 温度感応性におよぼす影響

窪田 聡・米田和夫

日本大学農獣医学部 252 藤沢市亀井野 1866

Effect of Light Intensity Preceding Day/Night Temperatures on the Sensitivity of *Phalaenopsis* to Flower

Satoshi Kubota and Kazuo Yoneda

College of Agriculture and Veterinary Medicine, Nihon University, Fujisawa, Kanagawa 252

Summary

The effects of high, moderate, and low light intensities on floral induction and nitrogen nutrition in *Phalaenopsis* grown at 23 °/18 °C, 28 °/23 °C, and 33 °/28 °C (day/night) were ascertained.

1. High light intensity substantially increased total dry matter, sugar content, and nitrogen absorbed. The differential in C assimilation and N uptake resulted in larger plants having lower N content under high light intensity.

2. The number of expanded leaves, the growth of roots, and the amount of dry matter produced per plant increased under proportionately higher light intensities.

3. High light intensity preceding 23 °/18 °C treatment increased the number of inflorescence, but the 28 °/23 °C treatment advanced their time of emergence to plant exposed to lower light intensities. The temperature sensitivity for floral induction increased in those plants which produced relatively more dry matter per unit N absorbed (larger C/N balance).

To increase the sensitivity of *Phalaenopsis* plants to floral induction, they should be grown under high light intensity; because these conditions lead to high sugar content, which in turn, seemingly expedite rapid metabolism of nitrogen.

緒 言

ファレノプシスの花成誘導の主要因は、20 °C 前後の温度であることが明かとなり (石田・坂西 1974; Sakanishi ら, 1980), この特性を利用した温度処理による開花調節技術の実用化により (樋口・酒井, 1978; 米田, 1985), はば周年にわたる出荷が可能になった。しかし、促成栽培では花成誘導をより安定的にもたすために、夏期に冷房設備による処理温度を 20 °C 以下に設定する場合が多く、この時強遮光により施設内の光強度が不十分になるなどの問題がある。

光強度と花成誘導の関係についての研究は少なく (井上, 1988), 未だ十分な栽培指針となる知見は得られていないのが現状である。

そこで、本実験は花成誘導前の生育期間中の光強度が、花成誘導の温度感応性におよぼす影響について植物栄養生理学的な側面から検討し、花成誘導をより効率的にするための光条件を知ることが目的として行ったものである。

材料および方法

材料は桃色系 *Phalaenopsis* (Malibu victory × Arai) × *Phal.* (Joseph Hampton 'Diane' × Naughty Pink 'Extra') の自殖実生株と、白色系 *Phal.* Miki Saito の 3 年生実生未開花株で、夏期は 75%, 冬期は 50% の遮光条件下の本学実験温室内で栽培管理されていたものである。これらの株は、1991 年 3 月下旬に 3.5 号の

1992 年 11 月 2 日 受理.

本報告の概要は、1992 年の園芸学会春季大会において口頭発表した。

ファレノプシスの生育・開花に関する植物栄養生理学的研究 第 3 報

素焼鉢にミズゴケ単用植えにした。この時全供試株の新鮮重を測定すると同時に、分析のためにこの中から両交配種を3株ずつ採取した。供試株数は、光処理区当たり生育調査株として両交配種合わせて36株、分析用株は両交配種合わせて6株用いた。

試験区は、遮光率50%の黒寒冷紗1枚で遮光した日本大学農獣医学部（神奈川県藤沢市）のガラス温室内を強光区とし、同寒冷紗2枚で遮光した中光区、同寒冷紗3枚で遮光した弱光区の3区を設けた。光処理は、1991年5月3日から8月11日まで行った。

各光処理区の光強度は、光処理期間中にはほぼ4日ごとに正午に照度計（東京光学機械：光電池照度計SPI-71）で測定し、この測定値に係数を掛けて光子束密度に換算（稲田，1984）して示した。

花成誘導のための温度処理は、昼温/夜温を8/16時間の変温管理とし、23°/18°C、28°/23°C、33°/28°Cの3段階に設定したファイトロン（小糸工業製、コイトロン3S-313A特殊型）を3室使用した。温度処理は、同年8月12日に各光処理区から12株ずつファイトロンへ移入して開始し、10月2日までの51日間行った。温度処理中および処理後の光管理は、各区とも同寒冷紗2枚被覆に統一した。

培養液は同年5月7日、6月1日、7月6日に、園試標準培養液（山崎，1982）を150 ml施用した。かん水用水は水道水を使用し、培地の水分張力が約pF 2.4になった時点で1鉢当たり200 mlかん水した。

生育調査は、実験開始後1か月ごとに葉長、葉幅、葉枚数を測定した。あらかじめ各交配種ごとに求めた葉長と葉幅の積と葉面積との間に極めて高い相関関係（桃色系： $r=0.965^{**}$ ，白花色： $r=0.991^{**}$ ）が認められたので、実験期間中の葉面積は得られた一回帰式（桃色系： $y=0.751 \times \text{葉長} \times \text{葉幅}$ ，白花色： $y=0.739 \times \text{葉長} \times \text{葉幅}$ ）に当てはめ算出した。なお、生

育調査の結果は、実験開始から8月3日までの3か月の増加量として示した。

株の栄養状態と光強度の関係を明らかにするために、温度処理直前の8月12日に各光処理区につき両交配種を3株ずつ採取した。採取した株は葉、茎、根の各部位に分割し、70°Cで通風乾燥後粉碎し、乾燥粉碎試料とした。

還元糖は、乾燥粉碎試料を80%熱エタノール抽出後、ソモギーネルソン法（福井，1990）によって定量し、全糖は抽出液を4%硫酸で加水分解後（吉野，1975）、4%水酸化ナトリウムで中和し同法により定量した。全窒素は、乾燥粉碎試料をサリチル硫酸一過酸化水素分解法（松永・塩崎，1989）により分解し、インドフェノール青法（大山，1990）により定量した。不溶性窒素は、糖抽出残さを上記の方法により分解して定量し、可溶性窒素は全窒素から不溶性窒素を差し引いて求めた。

実験開始時の全供試株の乾物重は、各株の新鮮重に実験開始直前に採取した株の乾物率を乗じて推定した（第1表）。乾物生産量は、8月に採取した株の乾物重から実験開始時の推定乾物重（第1表）を差し引いて求めた。窒素吸収量は8月に採取した株の全窒素含有量から、実験開始時の推定乾物重×実験開始時の全窒素含有率として算出した実験前の推定窒素含有量を差し引いて求めた。

なお、生育、花成誘導ならびに栄養状態について統計処理をした結果、品種間差はほとんど認められなかったため、これらの結果は両品種をまとめて表記した。

結果および考察

1. 実験期間中の光強度と温室内気温

強光区の光強度は、5～6月に最大 $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ 、7月下旬には最大 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ 以上となった（第1図）。処理間の差は晴天時には大

Table 1. Average fresh weight, estimated dry weight, number of leaves and leaf area of the plants used as materials before the light intensity treatments.

Light intensity ^z	Average fresh weight (g/plant) ± S. E.	Estimated dry weight ^y (g/plant)	Number of leaves (No./plant) ± S. E.	Leaf area (cm ² /plant) ± S. E.
High	68.4 ± 14.0	5.33	3.3 ± 0.7	244.8 ± 69.3
Medium	72.0 ± 19.2	5.62	3.4 ± 0.9	250.1 ± 64.2
Low	76.6 ± 20.2	5.97	3.4 ± 1.0	239.2 ± 70.1

^z Refer to Fig. 1.

^y The values were calculated by multiplying the fresh weights by the dry matter content (7.8%).

Fig. 1. Fluctuations in light intensities during the experimental growing period of *Phalaenopsis*.

きくなったが、曇天時には、遮光率とほぼ同比率の減光度となった。

光処理期間中の温室内の気温は最低 20 °~24 °C, 最高 30 °~38 °C の範囲にあり (第 2 図), 栄養生長の促進のために十分 (窪田・米田, 1990) であった。一方, 温度処理終了後の気温は, 最低 20 °~23 °C, 最高 26 °~28 °C の範囲にあり, この時期には花成誘導可能温度域に達していたものと思われる。

2. 栄養状態と生育

葉の還元糖含有率は光処理間に差はなかったが, 非還元糖含有率は強光区で高かった (第 2 表)。茎の還元糖と非還元糖含有率は, 光処理間でほぼ一定であったが, 還元糖含有率は他の部位と比較して著しく低い特徴があった。根では光強度の増大に伴い高くなり, 特に還元糖含有率は著しく増加した。この結果, 全植物体の還元糖, 非還元糖および全糖含有率は, 強光区で最も高くなった。したがって, 強光下では葉で多くの糖が合成され, それが根に多く流転し利用されるものと考えられる。

葉と根の可溶性窒素含有率は強光区で明らかに低くなり, 茎でも強光区で低くなる傾向にあった (第 2 表)。不溶性窒素含有率は, 葉, 茎, 根ともに, 光処理間ではほぼ同じであったが, 葉では茎と根よりも高かった。その結果, 全植物体の不溶性窒素含有率は, 光処理間に差はなかったものの, 可溶性窒素含有率が光強度の増大に伴い著しく低下したため, 全窒素含有率は低下した。

光処理期間中の乾物生産量は, 光強度の低下により著しく少なくなり, 弱光区では実験開始時よりも軽く

Fig. 2. Changes in ambient air temperature in the greenhouse prior to and after the three experimental day/night temperature treatments.

なった (第 3 表)。また, 窒素吸収量は強光区で最も多くなり, さらに窒素 1 mg 当たりの乾物生産効率は明らかに強光区で高まった。これは強光区では光合成活性が高く, エネルギー源となる糖含有率が高いため, 窒素吸収量が多くなり, 加えて吸収された窒素が可溶性窒素から不溶性のタンパク態窒素へ速やかに代謝されたためと考えられる。しかし, 中光区と弱光区では糖含有率が低いため, 窒素吸収量が少なくなり, しかも吸収された窒素は可溶性窒素として蓄積したため, 乾物生産量が少なくなったものと考えられる。

展開葉枚数および増加葉枚数は, 強光区と中光区で多かったが, 展開葉面積と葉面積増加量は中光区で最も多かった (第 4 表)。総根数は弱光区で少なく総根長は強光区で長くなり, 光強度が強くなると根の生育は促進された。したがって, 葉枚数と葉面積増加量で示される地上部の生育を促進させるためには, 中光区が好適であるものの, 中光区と弱光区では比葉面積が大きく, 乾物率が低下していること (第 5 表) から強光区に比べてやや軟弱な植物体となっていることがうかがえる。

葉面積の拡大は, 全植物体の全窒素含有率が約 1.5% のときに促進されることが明らかとなっている (窪田ら, 1991)。強光区で葉面積が大きくならなかったのは, 乾物生産量が多く相対的に植物体中の窒素濃度が低下したためと考えられる。したがって, 強光区のように光強度が強い場合には, 施肥量を増やし植物体中の窒素濃度を高めることにより葉面積も大きくなるものと思われる。

Table 2. Effects of light intensity on sugar and nitrogen contents in plant parts of *Phalaenopsis*.

Plant parts	Light intensity ^z	Sugar (% dry weight)			Nitrogen (% dry weight)		
		Reducing	Non-reducing	Total	Soluble	Insoluble	Total
Leaves	High	2.56	3.60	6.16	0.40	0.78	1.18
	Medium	1.86	1.84	3.70	0.80	0.78	1.58
	Low	1.23	1.67	2.90	0.83	0.83	1.66
	Significance ^y	N. S.	**	*	**	N. S.	*
Stems	High	0.52	2.24	2.76	0.35	0.47	0.82
	Medium	0.62	2.10	2.72	0.57	0.48	1.05
	Low	0.49	2.34	2.83	0.59	0.50	1.09
	Significance	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
Roots	High	5.13	4.71	9.84	0.66	0.60	1.26
	Medium	2.19	2.53	4.72	0.79	0.48	1.27
	Low	1.23	2.53	3.76	1.12	0.50	1.62
	Significance	**	**	**	**	N. S.	N. S.
Whole plant	High	3.45	3.87	7.32	0.50	0.66	1.16
	Medium	1.77	2.17	3.94	0.77	0.63	1.40
	Low	1.11	2.03	3.14	0.87	0.69	1.56
	Significance	**	**	**	**	N. S.	*

^z Refer to Fig. 1.^y *: Significant at 5% level, **: Significant at 1% level, N. S.: No significant.**Table 3.** Effects of light intensity on dry matter production, nitrogen absorbed and nitrogen efficiency in *Phalaenopsis*.

Light intensity ^z	Amount of dry matter products (g/plant)	Amount of nitrogen absorbed (mg/plant)	Nitrogen efficiency (mg dry matter/mg N)
High	1.72 a ^y	36.0 a	47.7 a
Medium	0.15 b	30.9 a	5.0 b
Low	-1.50 c	11.0 b	—

^z Refer to Fig. 1.^y Different letters within columns represent significant difference ($P < 0.05$).**Table 4.** Effects of light intensity on growth of leaves and roots in *Phalaenopsis*.

Light intensity ^z	Number of leaves			Leaf area (cm ² /plant)			Total roots	
	Expanded	Defoliated	Increased	Expanded	Defoliated	Increased	Number	Length (cm/plant)
High	1.2 a ^y	0.5 a	0.7 a	87.5 b	38.9 a	48.6 b	14.0 a	196.6 a
Medium	1.1 a	0.4 a	0.7 a	103.9 a	24.9 a	79.0 a	13.3 a	144.1 b
Low	0.8 b	0.4 a	0.4 b	69.7 c	23.7 a	46.0 b	8.5 b	123.1 b

^z Refer to Fig. 1.^y Different letters within columns represent significant difference ($P < 0.05$).

乾物生産量が最も多かった強光区の最大光強度は約 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ 以上であり、さらに実際栽培では光強度を最大 20~30 klux (日中の全天放射とし

て換算した場合 $336 \sim 504 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$) で管理し、高品質な収穫物を出荷している農家の実例もある (Vasquez, 1992). 一方、本種の CAM 型光合成に

最適な光強度は 12 klux (須藤・筒井, 1989), 光飽和点は $130 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ (約 13 klux) であるとの報告がある (太田ら, 1991). これらの実験は, 一定の光強度下で行われているが, 実際栽培では太陽高度や天候により, 日中の光強度は大きく変動する. 一定の光強度下で導きだされた光合成に好適な光強度を, 実際栽培の最大光強度として管理した場合, 光照射期間中の総光エネルギー量は当然少なくなる. ちなみに, 強光区とはほぼ同一条件下の 1992 年 7 月の 1 か月間の光エネルギーを 10 分間ごとに自動的に測定し, この数値を積分して求めた 1 日当たりの平均総光エネルギー量は約 $3.86 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ であり, 太田らが示している光飽和点の条件 ($130 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$, 12 時間日長) の総光エネルギー ($5.62 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$) よりも少なかった. したがって, 実際栽培条件下で光合成量や生育量を最大にするための光強度は, 一定の光強度下の実験で得られた結果よりも強く管理

する必要があるものと考えられ, 今後総光エネルギー量の観点から光合成特性や生育特性を解析し, 日長管理や遮光方法を改善する (須藤ら, 1991) 必要性が認められる.

3. 花茎発生

各光処理区の $23^{\circ}/18^{\circ}\text{C}$ 区の花茎発生は 9 月 23 日に始まり, 花茎発生率は弱光区と中光区では約 60%, 強光区では約 80% となった (第 3 図). 弱光および中光区の $28^{\circ}/23^{\circ}\text{C}$ および $33^{\circ}/28^{\circ}\text{C}$ 区と, 強光区の $33^{\circ}/28^{\circ}\text{C}$ の花茎発生は 11 月 10 日前後であり, この花茎発生は温度処理の影響ではなく温度処理後に移入した温室の気温が花茎誘導可能温度域に達していたためと考えられる. 強光区の $28^{\circ}/23^{\circ}\text{C}$ 区の花茎発生は 10 月 8 日に始まり, 弱光区と中光区よりも明らかに発生時期が早まった.

アザレアや低温要求性のペラルゴニウムでは, 光強度の増大は, 花芽分化の促進または低温などの開花誘導要因を補完する作用を持つことが明らかになっている (Bodson, 1983; Hackett・Kister, 1974). 本実験でも温度処理前の光強度が強い場合, 処理温度が花成誘導に対して十分であれば花茎発生率を高め, 処理温度が花成誘導の限界温度域 (米田, 1985) であれば, 花茎の発生時期を早める結果となり, 栄養生長期中の光強度を強くすることにより, 花成誘導の温度応答性を高めることができると考えられる.

花熟を検討した実験のうち, 低温に感応して花茎が伸長を開始するためには, 株が前の開花後ある程度生長をつづけた後であること (石田・坂西, 1974), 若齢株では花成誘導が不完全になりやすいことが明らか

Table 5. Effects of light intensity on specific leaf area (SLA) and dry matter ratio in *Phalaenopsis*.

Light intensity ^z	Specific leaf area ^y (cm^2/g)	Dry matter content (%)
High	99.4 b ^x	7.48 a
Medium	119.3 a	6.97 a
Low	129.3 a	5.93 b

^z Refer to Fig. 1.

^y Leaf area (cm^2)/dry weight (g).

^x Different letters within columns represent significant difference ($P < 0.05$).

Fig. 3. Effects of three day/night temperatures on the time of flower emergence of *Phalaenopsis* plants exposed to high, moderate and low light intensities. The number of inflorescences of the plants under high light intensity increased at $23^{\circ}/18^{\circ}\text{C}$, but their emergence was accelerated at $28^{\circ}/23^{\circ}\text{C}$.

にされている(米田ら, 1992)。本種は葉を展開することにより将来花茎となる腋芽を形成することから、葉の展開は花茎発生に対して必要条件である。しかし、本実験結果から花成を促進させるためには、葉の展開量の増大のほかに、糖などの炭水化物含量を高め相対的にC/N率を高くするなどの植物の栄養状態も大きくかわっていることが指摘できる。

摘 要

本実験はファレノプシスの花成誘導前の生育期間中の光強度が、温度処理による花成誘導に及ぼす影響について、植物栄養生理学的な側面から明らかにしようとしたものである。

糖含有率と窒素吸収量は強光区で増大したが、逆に全窒素含有率は最も低くなった。展開葉数、根の生育および乾物生産量は強光下で最も旺盛となった。

花茎誘導のための温度処理前に、強光条件下で生育した植物は、23/18℃では花茎発生割合が増加し、28/23℃では花茎発生時期が早まった。したがって、花成誘導に対する温度感応性は、C/N率が高く乾物生産量が多い株で高くなる傾向が認められた。

したがって、ファレノプシスの花成誘導の温度感応性を高めるためには、植物体内の糖含有率を高くし、円滑な窒素代謝を促進するように、比較的強光下で栽培する必要があるものと考えられた。

引用文献

- Bodson, M. 1983. Effects of photoperiod and irradiance on floral development of young plants of a semi-early and a late cultivar of *Azalea*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108: 382-386.
- 福井作蔵. 1990. 生物化学実験法 1. 還元糖の定量法. p. 9-11. 学会出版センター. 東京.
- Hackett, P. W. and J. Kister. 1974. Environmental factors affecting flowering in *Pelargonium domesticum* cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 15-17.
- 樋口春三・酒井広蔵. 1978. 山上げ栽培によるファレノプシスの開花促進について. 愛知農総試研報. B 10: 42-45.
- 井上喜雄・樋口春三. 1988. 人工光(人工太陽照明灯)照射によるファレノプシスの開花誘導. 園学要旨. 昭 63 春: 370-371.
- 稲田勝美. 1984. 光と植物生育. p. 389. 養賢堂. 東京.
- 石田源次郎・坂西義洋. 1974. ファレノプシスの生育開花習性と温度の影響について. 園学要旨. 昭 49 秋: 298-299.
- 窪田 聡・米田和夫. 1990. ファレノプシスの生育並びに養分吸収に及ぼす温度と施肥の影響. 園学雑. 59 (別 1): 554-555.
- 窪田 聡・浅井重雄・米田和夫. 1991. ファレノプシスの生育・開花に及ぼす窒素施与時期の影響. 園学雑. 60 (別 2): 472-473.
- 松永俊朗・塩崎尚郎. 1989. 硝酸態窒素を含む作物中の全窒素定量のための硫酸-過酸化水素分解法. 土肥誌. 60: 458-460.
- 太田弘一・森岡公一・山本幸男. 1991. ファレノプシスにおける CAM 型光合成への葉齢・花序・水分・温度・光条件の影響. 園学雑. 60: 125-132.
- 大山卓爾. 1990. 窒素化合物分析法. インドフェノール法による NH_4^+ の比色定量. p. 175-177. 植物栄養実験法編集委員会編. 植物栄養実験法. 博友社. 東京.
- Sakanishi, Y., H. Imanishi and G. Ishida. 1980. Effect of temperature on growth and flowering of *Phalaenopsis amabilis*. Bull. Univ. Osaka Pref. Ser. B 32: 1-9.
- 須藤憲一・中村浩美・篠田浩一. 1991. 鉢花の遮光方法の改善. 野菜茶試花き部年報. 5: 72-76.
- 須藤憲一・筒井 澄. 1989. CAM 植物(ファレノプシス・ホシクジャクサボテン)の炭酸ガス収支に及ぼす光量の影響. 園学要旨. 昭 55 秋: 318-319.
- Vansquez, G. 1992. Commercial growing of *Phalaenopsis*. p. 80-86. 名古屋国際蘭展 '92 組織委員会. 名古屋国際蘭展 '92 記録. 名古屋国際蘭展 '92 組織委員会事務局. 名古屋.
- 山崎肯哉. 1982. 養液栽培全編. p. 107. 博友社. 東京.
- 米田和夫. 1985. 株齢と山上げ処理時期の違いがファレノプシスの開花に及ぼす影響. 園学雑. 54: 101-108.
- 米田和夫・百瀬博文・窪田 聡. 1992. ファレノプシスの株齢の違いが開花に及ぼす温度の影響. 熱帯農業. 36: 207-210.
- 吉野 実. 1975. 炭水化物の分別定量法. 還元糖, 全糖の定量. p. 332. 作物分析法委員会編. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 養賢堂. 東京.