ファレノプシスの生育・開花に及ぼす養分欠乏の影響と その症状について

米田和夫・臼井真理子*・窪田 聡**

日本大学生物資源科学部 252 藤沢市亀井野 1866

* (株) ミヨシハヶ岳農場 409-16 北巨摩郡小淵沢町上笹尾

** 農林水産省野菜・茶業試験場 514-23 安芸郡安濃町草生

Effect of Nutrient Deficiency on Growth and Flowering of *Phalaenopsis*

Kazuo Yoneda, Mariko Usui* and Satoshi Kubota**

Coll. Bioresource Sci., Nihon Univ., 1866 Kameino, Fujisawa Kanagawa 252

Miyoshi Co. Ltd., Yatsugatake Farm, Kobuchizawa, Kitakoma, Yamanashi 409-16

Natl. Res. Inst. of Veg., Omam. Plants & Tea, Annou, Aki, Mie 514-23

Summary

The effects of N, P, K and Mg on the growth and flowering of *Phalaenopsis* were investigated.

1. When no nitrogen was supplied, the number and size of fully developed leaves was reduced and defoliation increased, resulting in considerable reduction of total leaf area. The concentration of chlorophyll decreased but no decrease in the number of flower stalks occurred. Roots showed no visible changes, but the total plant dry weight was lighter compared with plants supplied nitrogen.

2. In -P plants, defoliation increased and the production of new ones was curtailed. Phosphorus deficiency induced purple and red coloration of the older leaves, leaf distortion and curling of the leaf apices. Yellowing of an individual leaf began from its apex and gradually spreaded basipetally to the entire leaf, ending in defoliation. The deficiency symptoms spread upward from the basal leaves of a plant. The area of newly developed leaves was reduced and plant growth was stunted. The dry weight of the plants was also reduced and new roots were not produced. The production of flower stalks was almost completely inhibited.

3. No significant difference in new leaf formation or defoliation was observed among plants supplied or denied potassium. However, the surface area of fully developed leaves tended to become smaller in plants lacking potassium. The production of flower stalks was not affected, but flower stalks tended to develop rather early. Leaves and roots showed no noticeable symptoms of potassium deficiency.

4. Calcium deficiency produced no noticeable change in plant growth and/or production of flower stalks.

5. No noticeable symptoms of magnesium deficiency were observed, but the development of flower stalks was delayed slightly in comparison to the control.

緒 言

ファレノプシスの施肥に関する報告は比較的以前からある(遠藤・杉, 1992; 位田ら, 1995; 窪田ら, 1990; 窪田・米田, 1993a; Poole・Seeley, 1978;

Sheehan, 1961; 田中ら, 1988)。しかしながら生育に好適といわれる窒素濃度は 50 ppm~1000 ppm の範囲であり、最適施肥水準としてはあまりにも範囲が広い。この原因として、培地の種類、灌水・施肥方法、温度や光管理方法、品種などの違いが考えられる。このうち培地の種類についてはミズゴケを用いた場合の灌水

1996年7月3日 受付. 1996年9月27日 受理.

・施肥方法の違いによる培地内養分の動態についても比較的明らかにされている（須藤・篠田, 1990; 須藤ら, 1991）。また温度や光管理方法は近年平準化しているものの、環境と施肥との相互関係について検討した報告は多くない。さらに施肥の品種間差についても同様である。

本論文はファレノプシスの光合成、生育・開花に及ぼす N, P, K, Ca, Mg 欠乏の影響、ならびにその欠乏症状について検討した。

材料および方法

供試材料は *Phalaenopsis* Musashino '90' × *Phal.* Hakalau Queen 'America' の播種後 3 年（フラスコ出し後 1 年）の未開花株を 3 号プラスチックポットにミ

ズゴケ植えたものを用いた。栽培管理方法は夏の強光時に寒冷紗を用いて 60% 遮光した温室内に 2 日に 1 回 100 ml ずつ灌水を行い、灌水 5 回に 1 回施肥を行った。N, P, K, Ca, Mg について、それぞれ 0 倍（欠乏区）と 1 倍（対照区）の濃度区を設けた（第 1 表）。施肥は 1994 年 8 月から 1995 年 1 月まで計 18 回を行い、生育調査は 1 ヶ月ごとに行った。光合成は昼間／夜間を 30 °C/22 °C、湿度 70%，光強度 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、12 時間日長に設定したファイトトロンに移し、順化した株の上位葉から第 2 葉に光合成ポロメーター（KIP-9010, 小糸工業株）を取り付け、流速約 500 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ の空気を送り、CO₂ 吸収速度を 10 分ごとに 2 日間連続して測定した。

養分含有率はファイトトロンに移した株の中から 5 株を用い、葉部、茎部、根部の部位ごとに分別採取した試料について湿式分解後、N はケルダール法、P はモリブデン青法、K, Ca と Mg は原子吸光法により測定した。

結果および考察

これまで生育・開花に及ぼす窒素、リン、カリウムなどの個々の養分の影響とその最適水準について検討されたものは少ない（Poole・Seeley, 1978）。また養分の欠乏あるいは過剰などの生理障害がファレノプシスにどのような症状を呈するかについては十分に明らかにされていないが、この実験により次のようなことが明らかになった。

1. 窒 素

窒素が欠乏すると展開葉数が少なくなり、落葉数がやや多くなった（第 2 表）。また下位葉には時間の経過とともにクロロシスが起り、窒素の欠乏症状が顕著に現れた（第 1 図 B）。展開葉面積も小さく、さらに 1 枚あたりの面積も小さくなった。根の生育はほと

Table 1. Component of nutrient solution in each treatment.

Element	Concentration (mM)				
	Full	−N	−P	−K	−Mg
N	15.00	0.00	15.00	15.00	15.00
P	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00
K	10.01	10.01	10.01	0.00	10.01
Ca	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32
Mg	2.50	2.50	2.50	2.50	0.00
S	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
Na	2.16	1.16	1.16	12.16	7.16
Cl	0.64	11.14	0.64	0.64	0.64
Fe	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mn	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Zn	0.10	0.10	0.03	0.03	0.03
Cu	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}
Co	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}
I	1×10^{-4}	1×10^{-4}	5×10^{-3}	5×10^{-3}	5×10^{-3}
Mo	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}
B	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
EDTA	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

Table 2. Effects of N, P, K and Mg deficiency on growth and flower stalk formation in *Phalaenopsis*.

Plot	Number of leaves		Area of leaves		Roots		Dry matter (g/plant)	Relative conc. of chlorophyll (SPAD) ^z	Average of flower stalk	
	Expanded	Defoliated	(cm ² /plant)	(cm ² /leaf)	Number	Weight (g/plant)			Formation (%)	Emergence date
Full (Control) ^y	3.1a ^x	3.2a	237.7a	63.9a	54.2a	38.5a	6.06a	36.8b	64.0	21 Dec.
N deficiency (−N)	2.2b	3.7a	163.6b	44.7b	51.2a	35.3a	4.12b	26.0c	70.8	21 Dec.
P deficiency (−P)	2.4b	4.9a	179.0b	34.2b	45.0b	29.1b	3.40b	38.3a	4.0	26 Dec.
K deficiency (−K)	3.0a	2.3a	209.4b	60.6a	61.8a	43.3a	5.87a	38.6a	64.0	11 Dec.
Mg deficiency (−Mg)	2.8b	2.8a	227.6a	66.2a	56.0a	39.4a	5.93a	35.7b	60.0	16 Jan.

^z The value are measured by chlorophyll meter SPAD-502 (Minolta).

^y Component of nutrient solution are shown in Table 1.

^x Different letter within columns represent significant difference ($p < 0.05$).

Fig. 1. Symptoms of nitrogen and phosphorus deficiency in second leaf from the top in *Phalaenopsis*. The symptom of nitrogen deficiency was a marked decrease on the concentration of chlorophyll from the leaf (B), and that of phosphorus deficiency was coloration to purple and red makings from the leaf end (C). (A) showed the 2nd leaf from the top of leaf of full concentration.

んど影響されなかった（第2表）が、 CO_2 吸収速度が大きく低下し（第2図），乾物生産量は明らかに少なくなった。また葉緑素濃度は明らかに低下した（第2表）。しかし花茎発生に影響は認められなかった。これまでの研究では花茎はN施用量を少なくするか、

花茎誘導の少なくとも1ヶ月くらい前に打ち切ることで発生時期が早まる（米田ら，1984；窪田・米田，1993 a）。すなわちN欠乏に陥って生育が明らかに不良になっていても花茎は発生するが、花茎長は短く、小花数は少ない。逆にNを多く施用したり、普通栽

培で10月頃までN施肥を継続すると、花茎発生は遅れる傾向にあることが明らかになっているが、本実験での花茎発生に対するN欠乏の影響はこれを裏付けるものである。

Nの場合、特に施用する化学的形態が問題となる。生育・開花に及ぼす無機態Nの形態の影響について、温室栽培の苗(田中ら, 1986)とフラスコ苗(Hinnenら, 1989; 鈴木・米田, 1994)で検討されている。これらによれば、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が増加すると根の生育は抑制されることは両報告で共通しているが、最適な $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ 比は異なっている。しかしながらファレノプシスは着生ランであり、生息環境は明らかに酸化的な条件にあること、また温室条件ではミズゴケの分解にともないNは $\text{NH}_4\text{-N}$ として供給されること、さらにミズゴケ中の無機態Nは施用した肥料とほぼ同じ比率で可溶化され(窪田, 1994)、一般の土壤に比べてミズゴケの硝酸化成活性が低いと考えられることから、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を特に多くする必要はなく、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を主体に施用した方が $\text{NH}_4\text{-N}$ 過剰による障害の危険性は少ない。このことから $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ 比は(0:100)～(30:70)の範囲が妥当と考えられる。

2. リン

Pが欠乏すると展開葉数が少なく、落葉数が多くなる。欠乏症状は最初に下位葉がアントシアンの生成によって赤紫色を帯び、葉が上方にやや巻くようになり、葉先から黄変が始まって(第1図C)、ついにはそれが葉全体に広がり落葉する。この現象は下位葉から順に進行する。また展開葉面積も小さくなり、特に1枚あたりの葉面積が小さい(第2表)。 CO_2 吸収速度はP欠乏によって著しく低下するため(第3図)、乾物生産量は少なくなる。根の先端部分は枯死して、新しい根が出なくなるため、根数が少なくなり、根重も軽くなる。また花茎の発生は強く阻害された。

こうした症状はP施用を止めてから3ヶ月ほど経過したのちに発生したことから推察すると、症状が発現してからPを施用しても十分な回復は見込めないことが予想される。しかし特にP固定の大きい培地を使用しない限り、通常のPを含む肥料を施用していれば、P欠乏症状を呈することはないと思われるし、Pの過剰症についての知見はない。一般的にPを多く施用すると着花数が多くなるといわれているため、花茎誘導前に多量のPを施用することが生産者の間で

Fig. 2. Effects of nitrogen deficiency on net diurnal CO_2 exchange rates in *Phalaenopsis* after 120 days treatment. Condition of measurements: 30 °C/20 °C (day/night). $300 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ during the day (12 hr).

Fig. 3. Effects of phosphorus deficiency on net diurnal CO_2 exchange rates in *Phalaenopsis* after 120 days treatment. Condition of measurements: 30 °C/20 °C (day/night). $300 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ during the day (12 hr).

Table 3. Effects of N, P, K and Mg deficiency on nutrient contents in total dried plants parts of *Phalaenopsis*.

Portion	Plot	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Leaf	Full ²	1.00a ^y	0.13b	5.33a	1.35ab	0.82ab
	-N	0.78b	0.20a	5.84a	1.52a	1.03a
	-P	1.30a	0.08c	7.07a	1.41a	0.94a
	-K	1.05a	0.16a	1.83c	1.46a	1.16a
	-Mg	0.94a	0.14a	7.48a	1.34a	0.62c
Stem	Full	1.24a	0.22a	1.80a	0.64a	0.68a
	-N	0.85b	0.21a	1.82a	0.61a	0.66a
	-P	1.23a	0.09c	3.03a	0.77a	0.95a
	-K	1.22a	0.26a	0.68b	0.69a	0.76ab
	-Mg	1.24a	0.25a	3.84a	0.80a	0.52c
Root	Full	1.12a	0.21ab	1.87a	1.05b	0.61a
	-N	0.63b	0.24a	2.18a	1.16a	0.76a
	-P	1.57a	0.09c	2.15a	1.05a	0.66a
	-K	1.34a	0.20b	1.08b	1.25a	0.73a
	-Mg	1.22a	0.20b	3.06a	1.07a	0.38c
Total	Full	1.09b	0.18b	3.19a	0.97a	0.73b
	-N	0.69c	0.21a	2.91a	0.90ab	0.77a
	-P	1.45a	0.09c	4.08a	0.99a	0.91a
	-K	1.23a	0.22a	1.09c	1.00a	0.88a
	-Mg	1.13a	0.20a	5.01a	1.02a	0.53c

² Component of nutrient solution are shown in Table 1.^y Different letter within columns represent significant difference ($p < 0.05$).

行われている。しかし現時点では高濃度の P を施用したときの開花反応への影響は十分に明かにされていない。

ファレノプシスの P 含有率は他の養分と比較して最も低く、その要求量は少ない (第 3 表)。このことから栄養生長期間中は必ずしも高濃度の P を施用する必要はない (田中・井上, 1987) と思われるが、低濃度でも継続的に P を供給することは必要であろう。

3. カリウム

K の欠乏条件では展開葉数と落葉数は完全培養液と変わらないが、展開葉面積がやや小さくなる傾向にある。根の生育に対しても K 欠乏の影響はみられなかった (第 2 表)。CO₂ 吸収速度は完全培養液のものに比べ、明期後半からの吸収が減少し (第 4 図)、最大速度も低下して、乾物生産量はやや小さくなる傾向がみられた。また葉や根などに視認できる欠乏症状は発現しなかった。花茎発生は K 欠乏の影響はみられませんが、発生時期が早くなる傾向がみられた。

ミズゴケには比較的多くの K が含まれるため (窪田・米田, 1993 b)、これが供給源となって欠乏症状が発現しなかったものと考えられるが、プラスチック苗を

Fig. 4. Effects of potassium deficiency on net diurnal CO₂ exchange rates in *Phalaenopsis* after 120 days treatment.

Condition of measurements: 30 °C/20 °C (day/night). 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ during the day (12 hr).

K 欠乏培地で培養した場合でも、明確な欠乏症状の発現は認められていない（鈴木，1995）。

4. カルシウム

温室栽培条件下で、生育に及ぼす Ca の影響について検討されたものはないが、フラスコ苗への影響について検討した報告はある。段ら（1993）は Ca がなくてもフラスコ苗は生育するとしているが、鈴木（1995）によれば、Ca 欠乏で培養した一部の苗に展開中の葉や根の先端が枯死する現象を観察し、また一見正常に生育した苗でも、これを温室に植え出すと落葉が多くなり、生育が停止することが認められている。花茎発生に及ぼす Ca の影響は明瞭ではなかった。

5. マグネシウム

展開葉数がやや少なくなる他は、展開葉面積、根の発育、乾物生産ともに完全培養液区と遜色なかった。花茎発生には差がみられないが、花茎発生時期が明らかに遅くなった（第2表）。しかし特に欠乏症とみられる症状は発現しなかった。一方フラスコ苗を Mg 欠乏培地で培養すると下位葉の周辺部から徐々に黄白色化し、時間の経過とともにその部分が枯れ込む現象がみられる（鈴木，1995）ことが報告されているが、Mg の過剰症に関する知見はない。一般に、Mg は高濃度による生育阻害作用が比較的強い養分として知られていることから（嶋田，1989）、Mg を高濃度に施用する必要はないと考えられる。

以上、生育・開花にかかわる養分の影響とその欠乏症について、植物が利用する養分は培地内の溶液から供給されるので施肥濃度よりはむしろ供給回数、すなわち養分の量と水の量で決まる培地内溶液濃度が重要である。すでに培地内溶液の制御方法は明らかにされている（窪田，1994）ので生育に好適な水分状態のもとで生育・開花に及ぼす溶液濃度の影響について濃度段階を変えて詳細に検討することが必要である。また養分濃度や供給量が生育と花茎発生に及ぼす影響を検討した例は比較的多いが、花茎の伸長や小花数などの着花・開花に及ぼす各養分の影響についての知見は少ない。つぼみや小花はその他の器官に比べて養分含有率が高い特徴が認められており（Kubota・Yoneda, 1993）、生殖生長期間中にはそれらの養分要求性が高くなることは十分に予測される。実際栽培でも P や K を花茎誘導の開始前後から多く与えている。しかし着花・開花からみた肥料の施用時期や量は必ずしも明確でなく、今後つぼみや小花への養分の転流と吸収量との関係を含めた検討が重要となろう。また実際の栽

培では欠乏症よりはむしろ肥料の過剰施用によるとみられる葉の異常なねじれなどの生育障害が発生しており、各養分の過剰症に関する知見の蓄積も検討する必要があると考えられる。

摘 要

ファレノプシスの各養分の生育・開花への影響、ならびにその欠乏症について検討した。

1. N が欠乏すると展開葉数が少なくなり、落葉数がやや多くなった。展開葉面積も小さく、さらに1枚あたりの面積も小さくなった。また葉緑素濃度は明らかに低下した。しかし花茎発生に影響は認められなかった。根の生育はほとんど影響されないが、乾物生産量は明らかに少なくなった。

2. P が欠乏すると落葉数が多くなり、展開葉数が少なく、欠乏症状は下位葉が最初に赤紫色を帯びて葉が上方にやや巻くようになり、葉先から黄変が始まって、葉全体に広がり、ついには落葉した。この現象は下位葉から順に進行した。また新葉の1枚あたりの葉面積が小さく展開葉面積も小さくなって、乾物生産量は少なくなった。根の先端部分は枯死して、新根が再生しないため根数が少なく、根重も軽くなり、花茎の発生は強く阻害された。

3. K 欠乏は展開葉数と落葉数は完全培養液区と変わらないが、展開葉面積がやや小さくなる傾向にある。根の生育はほとんど影響されなかった。乾物生産量はやや少なくなる傾向にあった。花茎発生に影響はみられなかったが、発生時期が早くなる傾向がみられた。また葉や根などに欠乏症状は発現しなかった。

4. Ca 欠乏は生育や花茎発生に顕著な影響は現れなかった。また欠乏症とみられる症状は発現しなかった。

5. Mg 欠乏では、展開葉数がやや少なくなる他は展開葉面積、根の発育、乾物生産ともに完全培養区に遜色なかった。花茎発生率には差がみられないが、花茎発生時期が明らかに遅くなる。また特に欠乏症状は発現しなかった。

引用文献

- 段 建雄・水田洋一・矢澤 進. 1993. 培地内の Ca 濃度が *in vitro* 培養におけるファレノプシス実生苗の生長に及ぼす影響. 園学雑. 62 (別 2): 518-519.
- 遠藤宗男・杉 義人. 1992. 養液栽培ファレノプシスの1年間の生育及び養分吸収の推移. 園学雑. 61 (別 2): 532-533.
- Hinnen, M. G. J., R. L. M. Pierik and F. B. F. Bronsema. 1989. The influence of macronutrients and some

- other factors on growth of *Phalaenopsis* hybrid seedlings *in vitro*. Sci. Hort. 41 : 105-116.
- 位田晴久・橋本りつ子・田中豊秀. 1995. 施肥濃度ならびに頻度がファレノプシスの生長, 開花に及ぼす影響. 園学雑. 64 (別 1) : 40-41.
- 窪田 聡・深井忠進・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施肥の影響. 園学雑. 59 (別 2) : 688-689.
- Kubota, S. and K. Yoneda. 1993. Chemical components of *Phalaenopsis* at various phenological growth stages. Bull. Coll. Agr. & Vet. Med., Nihon Univ. 50 : 7-10.
- 窪田 聡・米田和夫. 1993 a. コチョウランの生育・開花におよぼす窒素施用時期の影響. 熱帯農業 38 : 73-77.
- 窪田 聡・米田和夫. 1993 b. ファレノプシスの生育におよぼす施肥ならびにミズゴケと素焼鉢の理化学性の影響. 園学雑. 62 : 601-609.
- 窪田 聡. 1994. ファレノプシスの安定生産に関する植物栄養生理学的研究. 日本大学学位論文.
- Poole, H. A. and J. G. Seeley. 1978. Nitrogen, potassium and magnesium nutrition of three orchid genera. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 485-488.
- Sheehan, T. J. 1961. Effects of nutrition and potting media on growth and flowering of certain epiphytic orchids. Amer. Orchid Soc. Bull. 30 : 289-292.
- 嶋田典司. 1989. 培地の K, Ca, Mg のバランスと植物の生長. 作物の K, Ca, Mg 欠乏と過剰. p. 67-71
- 日本土壤肥科学会編. 養液栽培と植物栄養. 博友社. 東京.
- 須藤憲一・篠田浩一. 1990. ランの栽培培地の養水分状態におよぼす灌水施肥方法の影響. 野菜茶業試花き部研究年報 3 : 60-63.
- 須藤憲一・篠田浩一・伊藤秀和・臼井富太. 1991. ファレノプシスの生育に及ぼす灌水施肥方法の影響. 園学雑. 60 (別 1) : 524-525.
- 鈴木美国・米田和夫. 1994. フラスコ内ファレノプシス苗の生育ならびに養分吸収に及ぼす $\text{NH}_4\text{-N}$: $\text{NO}_3\text{-N}$ 比の影響. 園学雑. 63 (別 1) : 520-521.
- 鈴木美国. 1995. ファレノプシス健苗生産における環境要因に関する研究. 日本大学修士論文.
- 田中豊秀・枅田正治・楳本亮治・茶谷正孝. 1986. 窒素形態, 施肥時期がファレノプシスの生育と開花に及ぼす影響並びに施肥窒素の花茎への寄与率. 園学要旨 昭 61 秋 : 410-411.
- 田中豊秀・井上伸之. 1987. ファレノプシスの生長に及ぼすリン濃度の影響. 園学要旨. 昭 62 秋 : 554-555.
- 田中豊秀・松野孝敏・枅田正治・五味 清. 1988. ファレノプシスの生長と化学組成に及ぼす培養液濃度と培養土の影響. 園学雑. 57 : 78-84.
- 米田和夫・上野俊士・佐々木弘康・内村忠久. 1984. 施肥の打ち切り時期ならびに株齡の差異がファレノプシスの開花に及ぼす影響. 園学要旨. 昭 59 秋 : 350-351.