

## 培養液のイオン組成がドリテノプシスの乾物重と成分組成に及ぼす影響

市橋正一<sup>1\*</sup>・福井博一<sup>2</sup>・金 勲<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 愛知教育大学教育学部 448-8542 愛知県刈谷市井ヶ谷町広沢 1

<sup>2</sup> 岐阜大学農学部 501-1193 岐阜市柳戸 1-1

<sup>3</sup> 岐阜大学連合農学研究科 501-1193 岐阜市柳戸 1-1

### Effects of the Ionic Composition of Nutrient Solutions on the Dry Weight and the Chemical Content of *Doritaenopsis*

Syoichi Ichihashi<sup>1\*</sup>, Hirokazu Fukui<sup>2</sup> and Xun Jin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Education, Aichi University of Education, Kariya, Aichi 448-8542

<sup>2</sup> Faculty of Agriculture, Gifu University, Gifu 501-1193

<sup>3</sup> The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, Gifu 501-1193

#### Abstract

Effects of the ionic composition of nutrient solutions on the dry weight and the chemical contents of *Doritaenopsis* plant potted by sphagnum moss were investigated. Dry weight of shoot, root, inflorescence and these dry weight ratios were relatively constant in different treatment. However, increase of  $K^+$  levels increased shoot dry weight, while that of  $Ca^{2+}$  levels had a reverse effect. Dry weight ratios showed large difference among different organs. The values were 6–7%, 9–10%, and 7–8% in shoot, root, and inflorescence, respectively. Mineral content increased corresponding the increase in mineral ions in the nutrient solution, but the absorption of the other ions were inhibited antagonistically in the same ion group, i.e. in cations or anions. In cationic treatments, significant differences of Ca and P concentrations in the shoot were observed. In anionic treatments, significant differences in P and Ca concentrations in the root and N and Ca concentrations in the inflorescence were observed. These differences indicated that absorption and translocation of each ion was affected by composition of the nutrient solution.  $K^+$  inhibited  $H_2PO_4^-$  absorption and the translocation and  $NO_3^-$  accelerated  $Ca^{2+}$  absorption but the mechanism was not clear.

**Key Words :** absorption, anion, antagonism, cation, mineral salt

**キーワード :** 陰イオン, 拮抗作用, 吸収, 無機塩, 陽イオン

#### 緒 言

ファレノプシスの施肥と無機成分含有率に関する研究はいくつか行われており、培養液濃度が高まると葉中の N および K 含有率が上昇することが報告されている (Cui ら, 2002; 五味ら, 1980; Poole・Seeley, 1978; 田中ら, 1988)。一方、培養液成分によっては養分吸収に拮抗作用が認められる場合が指摘され、培養液の  $K^+$  濃度の増加は、葉中の Ca や Mg 含有率を低下させ、また  $NH_4^+$  濃度の増加は K, Mg の蓄積を阻害するとの報告もある (Poole・Seeley, 1978)。このようにファレノプシスにおける培養液の施用濃度と植物体の化学成分組成との関係についての報告はいくつかあるが、培養液のイオン組成を変化させた場合の体内無機成

分組成への影響を検討したものはほとんどない。著者らは前報 (金ら, 2004) で、培養液中のイオン組成を系統的に変化させ、植物体の生育が培養液組成の影響を受けることを明らかにした。本報では、系統変異法を用いて培養液のイオン組成を変化させた場合の、植物体中の成分組成の変化を明らかにすることを目的に、前報で供試した個体の植物体内成分の分析を行った。

#### 材料および方法

2000 年 7 月 9 日に *Doritaenopsis* Quevedo 'Sierra Vasquez' (通称サニーフェイス) のフラット苗 (平均生体重 7.7 g, 葉数 3 ~ 4 枚) を 2.5 号黒色プラスチック鉢にニュージーランド産ミズゴケを用いて植え込み、異なった培養液処理条件 (第 1 表) で栽培した。その他の栽培管理の詳細は前報 (金ら, 2004) のとおりである。2002 年 3 月 27 日に全植物を鉢から抜き取り、茎葉部、根部、花序部に分けて生体重を秤量し、その後 105°C で 48 時間乾燥して乾物重を求め

2006 年 2 月 24 日 受付。2006 年 5 月 10 日 受理。

本報告の一部は平成 14 年度園芸学会秋季大会で発表した。

\* Corresponding author. E-mail: sitihasi@aucc.aichi-edu.ac.jp

**Table 1** Ionic composition of nutrient solutions arranged the compositions systematically<sup>z</sup> ( $\Sigma M^{n\pm} = 8.5 \text{ meq} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

Treatments	Cation (%)				Anion (%)		
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Control <sup>y</sup>	21	31	31	17	65	8	27
Cationic	1	33.2	24.9	24.9	17	65	8
	2	24.9	33.2	24.9	17	65	8
	3	16.6	41.5	24.9	17	65	8
	4	16.6	33.2	33.2	17	65	8
	5	16.6	24.9	41.5	17	65	8
	6	24.9	24.9	33.2	17	65	8
Anionic	7	21	31	31	17	77	3
	8	21	31	31	17	67	13
	9	21	31	31	17	57	23
	10	21	31	31	17	57	13
	11	21	31	31	17	57	3
	12	21	31	31	17	67	3

<sup>z</sup> Fe-EDTA 16.00, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 1.20, MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 0.72, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.09, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 0.04, and (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 0.01 mg·L<sup>-1</sup> were added to all treatments.

<sup>y</sup> This prescription was decided considering the results of Poole and Seeley (1978).

た. また各処理区から3株を選んで茎葉部, 根部, 花序部の成分組成について分析した.

乾燥した植物体の粉碎試料0.1gに濃硫酸と過酸化水素水を加えて加熱分解し, 脱塩蒸留水で50 mLに定容したものを分析材料とした. Nの定量はセミマイクロケルダール蒸留法を用い, Pの定量はモリブデン青吸光光度法を用いた. またKは炎光光度法で定量し, CaとMgは原子吸光光度法を用いて定量した.

すべての測定値の検定は, ダンカンの多重検定 (Excel 統計, 株式会社エスミ) によって行った. また, 培養液のイオン組成と乾物重および成分含有率との相関係数 (米沢ら, 1994) を求めた.

## 結果および考察

### 1. 植物体の乾物重と乾物率

植物体の乾物重に及ぼす培養液のイオン組成の影響を第2表に示した. 陽イオン処理区における茎葉, 根, 花序, 全体の乾物重の処理間には有意差が認められなかった. しかし, K<sup>+</sup>とNH<sub>4</sub><sup>+</sup>の量だけを変化させた処理1, 2, および3

**Table 2** Effects of the different ionic compositions on dry weight and dry weight/fresh weight ratios of *Doritaenopsis*<sup>z</sup>.

Treatments	Dry weight (g) <sup>y</sup>				Dry weight/Fresh weight (%) <sup>y</sup>			
	Shoot	Root	Inflorescence	Total	Shoot	Root	Inflorescence	Total
Control	3.42	3.97	4.11	11.49	6.60	9.54	7.70	7.80
Cationic	1	3.30	4.18	4.52	12.00	6.66	9.04	7.64
	2	3.68	4.30	3.69	11.67	6.55	9.89	7.33
	3	4.38	4.23	4.28	12.90	6.73	10.32	7.13
	4	2.90	3.50	3.60	10.00	6.41	10.39	8.35
	5	3.15	3.70	3.78	10.63	7.40	9.69	7.68
	6	3.82	3.97	4.36	12.10	6.66	9.20	7.83
Anionic	7	3.02	3.23	3.45	9.60	6.73	8.86	7.40
	8	3.37	4.07	3.73	11.20	6.58	8.94	7.60
	9	2.82	3.75	3.29	9.86	6.40	9.06	7.50
	10	2.97	4.10	2.76	9.83	6.50	8.50	7.00
	11	3.03	3.95	2.55	9.53	6.47	9.63	7.49
	12	2.65	3.23	3.19	9.07	6.55	10.23	7.40

<sup>z</sup> Plants were grown in plastic pots with N.Z. sphagnum moth and applied the nutrient solutions in Table 1 from Nov. 26, 2000 to Mar. 26, 2002.

<sup>y</sup> No significant difference was observed by Duncan's multiple range test at 5% level. Each treatment was analyzed involving the data of control.

**Table 3** Correlation between the ionic concentration of nutrient solutions and dry weight in different plant part of *Doritaenopsis*<sup>z,y</sup>.

Ratios of each ions in nutrient solutions (No. of treatment)	Shoot	Root	Inflorescence	Total
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /Ca <sup>2+</sup> (5, 6, 1)	0.059	0.193	0.255	0.213
K <sup>+</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (1, 2, 3)	0.466*	0.071	-0.044	0.074
Ca <sup>2+</sup> /K <sup>+</sup> (3, 4, 5)	-0.458*	-0.262	-0.212	-0.329
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (11, 12, 7)	0.077	-0.001	0.289	0.157
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (7, 8, 9)	-0.189	0.150	-0.135	-0.064
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (9, 10, 11)	0.083	-0.129	-0.354	-0.166

<sup>z</sup> These correlation coefficients were analysed according to Yonezawa et al. (1995).

<sup>y</sup> Data used were the same as Table 2.

\* Significant at 5%.

区の茎葉の乾物重は、 $K^+$  濃度の増加 ( $NH_4^+$  濃度の減少) につれて増加し、 $K^+/NH_4^+$  比と茎葉重との間に有意な正の相関関係が示された (第 3 表)。  $Ca^{2+}$  濃度を変えた処理 3, 4 および 5 区では、 $Ca^{2+}$  濃度が 24.9 (処理区 3) から 33.2% (処理区 4) に増加 ( $K^+$  濃度は減少) すると、いずれの部位の乾物重も減少し、 $Ca^{2+}$  濃度が 41.5% (処理区 5) とさらに増加すると、乾物重の減少は停止した。茎葉重については、 $Ca^{2+}/K^+$  比との間に有意な負の相関関係が示された (第 3 表)。

一方、陰イオン処理区においても各処理区の茎葉重、根重、花序重、全体重ともに有意な差は認められなかった (第 2 表)。各陰イオンの変量と乾物重の間にも有意な相関は見られなかった (第 3 表)。陰イオン処理区的全乾物重は処理 8 区を除いて 10 g 以下となり、陽イオン処理区よりも小さな値を示した。これは生体重に見られた傾向と同様で (金ら, 2004)、陰イオン処理区で共通に設定された陽イオン組成の影響によるものと推測された。陽イオン処理区の中で  $K^+$  の割合を最大に設定した処理である 3 区では、茎葉重、全乾物重が最大で、根重および花序重も大きかったこと、また  $Ca^{2+}/K^+$  と乾物重には負の相関が見られたことから、陰イオン処理区の  $Ca^{2+}/K^+$  比が大きいことは、乾物重増加にとって促進的要因ではなかったことが示唆される。

乾物重の生体重に対する割合 (乾物率) も第 2 表に示した。乾物率は処理区間に有意な差が認められず、各イオン濃度と乾物率との間にも一定の関係は認められなかった。

各器官の乾物率を比較すると、茎葉部の乾物率は 6.40 ~ 7.40% の範囲であったのに対し、根部は 8.50 ~ 10.39%、花序部では 7.00 ~ 8.35% となり、根部の乾物率が高く、茎葉部では低い値を示し、これまでの報告における乾物率の値と類似していた (五味ら, 1980; Pool・Sheehan, 1974; 米田

ら, 2000)。ラン科植物の中では、シンビジウムの茎葉部の乾物率が 10 ~ 20% 前後と高いことが知られている (Hahn・Paek, 2001; 中野ら, 1977) が、これはシンビジウムが C3 型光合成を行う地生ランであるのに対し、ファレノプシスは CAM 型光合成を行う着生ランで、液胞が良く発達した多汁質の細胞を持つことによるものと考えられる。

## 2. 各部位の成分組成

植物体の各部位における乾物重あたりの N, P, K, Ca, Mg 含有率を第 4 表に示した。陽イオン処理区では、茎葉部の Ca 含有率に有意な差がみられ、乾物重 100 g 当たりの Ca 含有率は、処理濃度が最も高い処理 5 区で最大となり、 $Ca^{2+}$  処理濃度順に  $3 < 4 < 5$  区、あるいは  $1 < 6 < 5$  区の順で有意に高くなった。したがって、培養液中の  $Ca^{2+}$  濃度の増加によって Ca 吸収量が増加し、茎葉の Ca 含有率は増加したものと考えられる。

陽イオン処理区では、花序部の P 含有率においても処理区間で有意な差が認められ、処理 4, 5, 6 区で低い傾向であった。これらの処理区は  $Ca^{2+}$  濃度の高い処理区であり、逆に P 含有率が高い処理区は 1 価の陽イオン含有率が高い処理区であり、それが花序の P 含有率に関係したものと推測される。

陰イオンと陽イオンはその吸収と移動の過程で随伴イオンとして相互に影響することが知られている (茅野ら, 1989) ことから、本実験の結果は  $Ca^{2+}$  が多く 1 価の陽イオンが少ない条件では P の吸収・輸送が抑制されたことを示しているかも知れない。

陰イオン処理区では、根部の P 含有率に有意な差がみられ、 $NO_3^-$  濃度が一定で  $H_2PO_4^-$  濃度を減少させた ( $SO_4^{2-}$  濃度が増加する) 処理区では  $9 > 10 > 11$  区の順に P 含有率が低かった。同様に  $SO_4^{2-}$  濃度が一定で  $H_2PO_4^-$  濃度を減少さ

Table 4 Effects of nutrient solution on chemical composition of *Doritaenopsis*.

Mineral content (g) in dry matter (100 g)																
Treatments		Shoot					Root					Inflorescence				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Cationic	Control	1.09 a <sup>z</sup>	0.05 a	1.10 a	0.90 c	0.33 a	1.10 a	0.07 a	0.52 a	0.49 a	0.71 a	0.98 a	0.12 b	1.30 a	0.39 a	0.22 a
	1	1.24 a	0.05 a	0.90 a	0.83 de	0.33 a	1.47 a	0.08 a	0.11 a	0.40 a	0.62 a	1.02 a	0.12 bc	0.91 a	0.43 a	0.31 a
	2	0.92 a	0.04 a	1.27 a	0.86 cd	0.36 a	1.07 a	0.07 a	0.16 a	0.39 a	0.70 a	0.89 a	0.11 cd	1.17 a	0.39 a	0.30 a
	3	0.76 a	0.04 a	1.18 a	0.77 e	0.33 a	1.22 a	0.09 a	0.28 a	0.33 a	0.63 a	0.90 a	0.13 a	0.79 a	0.34 a	0.27 a
	4	1.06 a	0.04 a	1.02 a	0.91 c	0.35 a	1.10 a	0.07 a	0.21 a	0.36 a	0.65 a	0.83 a	0.09 e	0.58 a	0.31 a	0.22 a
	5	0.93 a	0.05 a	0.96 a	1.16 a	0.34 a	1.07 a	0.07 a	0.25 a	0.42 a	0.57 a	0.98 a	0.10 d	0.62 a	0.44 a	0.29 a
	6	1.19 a	0.04 a	0.72 a	1.00 b	0.34 a	1.30 a	0.07 a	0.36 a	0.40 a	0.56 a	1.01 a	0.09 e	0.63 a	0.42 a	0.32 a
Anionic	Control	1.09 a	0.05 a	1.10 a	0.90 a	0.33 a	1.10 a	0.07 cd	0.52 a	0.49 a	0.71 a	0.98 b	0.12 a	1.30 a	0.39 a	0.22 a
	7	1.04 a	0.03 a	1.15 a	0.99 a	0.33 a	1.33 a	0.06 d	0.75 a	0.37 b	0.54 a	1.16 a	0.08 a	1.27 a	0.37 a	0.37 a
	8	1.01 a	0.04 a	1.00 a	0.80 a	0.44 a	1.02 a	0.08 c	0.37 a	0.30 c	0.56 a	0.73 de	0.10 a	0.63 a	0.29 b	0.27 a
	9	0.98 a	0.07 a	0.95 a	0.79 a	0.39 a	0.98 a	0.17 a	0.29 a	0.27 cd	0.66 a	0.76 de	0.18 a	0.71 a	0.38 a	0.33 a
	10	1.10 a	0.07 a	1.26 a	0.70 a	0.44 a	1.05 a	0.11 b	0.46 a	0.27 cd	0.69 a	0.70 e	0.14 a	0.84 a	0.26 b	0.36 a
	11	1.00 a	0.06 a	1.36 a	0.72 a	0.39 a	1.10 a	0.06 d	0.43 a	0.20 e	0.68 a	0.88 c	0.11 a	0.83 a	0.19 c	0.24 a
	12	1.10 a	0.04 a	1.25 a	0.61 a	0.40 a	1.31 a	0.06 d	0.72 a	0.24 d	0.67 a	0.80 d	0.08 a	0.95 a	0.25 b	0.26 a

<sup>z</sup> Same letters indicate insignificant difference by Duncan's multiple range test at 5% level. Each treatment was analyzed involving the data of control.

せた ( $\text{NO}_3^-$  濃度が増加する) 処理区では  $9 > 8 > 7$  区の順で P 含有率が低かった. このことから, 培養液中の  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  濃度が根部の P 含有率に影響することが明らかとなった.

従来の報告では P の適正な施用濃度は明確にはなっていないものの, P 無施用では欠乏症が発生し (米田ら, 1997), 1 ~ 12 mM の範囲では施用濃度間には有意な差は認められないものの, 2.0 mM の施用が適当とされている (田中・井上, 1987). 本実験で用いた 0.26 ~ 2.0 mM の  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  濃度範囲では施用濃度が高いほど P の吸収が促進されたことから, 適正濃度は 2.0 mM 以上に存在するものと推定される.

根の Ca の含有率は各陰イオン処理区間で有意な差が認められた. なかでも  $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$  に関する処理区では  $11 < 12 < 7$  区の順で有意に Ca 含有率が高かった. このことから培養液中の  $\text{NO}_3^-$  濃度増加は根部の Ca 含有率の増加を,  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度の増加は Ca 含有率の減少をもたらすものと考えられた. これは,  $\text{Ca}^{2+}$  の吸収に対し随伴イオンとして  $\text{NO}_3^-$  は促進的に,  $\text{SO}_4^{2-}$  は抑制的に働くためであろう (茅野ら, 1989).

陰イオン処理区の花序の N と Ca 含有率も処理区間で有意な差がみられた. 花序の N 含有率は  $\text{NO}_3^-$  濃度が最大である 7 区で最大値を示したが, それ以外の処理区では  $\text{NO}_3^-$  濃度と N 含有率との間には一定の傾向がみられなかった. Ca 含有率については  $\text{SO}_4^{2-}$  の濃度が高い 10, 11 および 12 区で低い傾向が見られ,  $\text{SO}_4^{2-}$  の濃度が低い対照区, 処理 7, 9 区の Ca 含有率は有意に高く,  $\text{SO}_4^{2-}$  は Ca の移動にも抑制的に影響しているものと考えられる (第 4 表).

### 3. イオン処理組成と成分組成の相関

相関分析の結果は第 5 表に示した. 陽イオン処理区での茎葉部の N 含有率と  $\text{K}^+/\text{NH}_4^+$  との間には有意な負の相関が認められた. これは, 培養液中の  $\text{K}^+$  濃度の増加,  $\text{NH}_4^+$  濃度の減少に伴って,  $\text{NH}_4^+$  吸収が減少し N 含有率が低下したためと考えられる.  $\text{K}^+/\text{NH}_4^+$  と P 含有率との間にも有意な負の相関が認められたが, その理由は明らかではない.  $\text{NH}_4^+/\text{Ca}^{2+}$  と Ca 含有率との間に有意な負の相関が, また,  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$  と Ca 含有率との間に有意な正の相関が見られた. これらのことから, 培養液中の  $\text{Ca}^{2+}$  濃度が茎葉中の Ca 含有率に影響を及ぼしたものと推察される.

陽イオン処理区の根部では,  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$  と Ca 含有率との間に有意な正の相関がみられ, 茎葉部と同様に根部の Ca 含有率も培養液の  $\text{Ca}^{2+}$  濃度の影響を受けた. しかし, それ以外の各成分含有率では培養液のイオン濃度との間に有意な相関がみられなかった.

陽イオン処理区での花序部では  $\text{K}^+/\text{NH}_4^+$  と Ca 含有率との間に有意な負の相関が認められた. これは  $\text{K}^+$  による  $\text{Ca}^{2+}$  の拮抗的吸収阻害によるものと考えられた.

陰イオン処理区の茎葉部ではイオン処理組成と各元素含有率に有意な相関が見られなかった. 根の P 含有率は培養液中の  $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{NO}_3^-$  と正の有意な相関が,  $\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$  とは負の有意な相関が見られた. このことは, 根の P 含有率は培養液中の  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  濃度に依存していることを示している. 根の Ca 含有率と  $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$  には正の相関が認められた. これは, 陰イオン処理を行った 11, 12, 7 区の根部の Ca 含有率の変化と同様,  $\text{Ca}^{2+}$  の吸収に対し  $\text{NO}_3^-$  が随伴イオンとして促進的に,  $\text{SO}_4^{2-}$  が抑制的に働いたためと考えられる.

花序の N 含有率と  $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{NO}_3^-$  とは有意な負の相関が, P 含有率と  $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{NO}_3^-$  とは有意な正の相関が見られ, 培養液中の  $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{NO}_3^-$  が増加すると花序中の N 含有率は減少し, P 含有率は増加することが示された. これは陰イオン間の拮抗的吸収阻害の存在を示唆している.

花序の Ca 含有率と  $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$  との間には有意な正の相関が, Ca 含有率と  $\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$  との間には有意な負の相関が認められた. このことは培養液中の陰イオン組成の変化が陽イオン吸収あるいは転流にも影響することを示すものと考えられる. この点について茅野ら (1989) は  $\text{Ca}^{2+}$  の吸収に対して  $\text{NO}_3^-$  は随伴イオンとして促進的に,  $\text{SO}_4^{2-}$  は随伴イオンとして抑制的に働くものと考えている.

ファレノプシスの場合, Poole・Seeley (1978) は, 葉中の N 含有率が 1.79 ~ 2.26%, K が 5.77 ~ 7.92%, Ca が 2.41 ~ 3.27% であると報告しており, また田中ら (1988) は, N が 1.53 ~ 2.06%, K が 1.88 ~ 3.03%, Ca が 1.08 ~ 1.52% であったと述べている. さらに Cui ら (2002) は, N が 1.65 ~ 2.96%, K が 2.04 ~ 3.13%, Ca が 1.18 ~ 2.06% であったとしている. 本実験での値はこれらの値と比べていずれ

**Table 5** Correlation between the ionic concentration of nutrient solutions and chemical contents in different plant part of *Doritaenopsis*<sup>2</sup>.

Ratios of each ion in nutrient solutions (No. of treatment)	Chemical content <sup>3</sup>														
	Shoot					Root					Inflorescence				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
$\text{NH}_4^+/\text{Ca}^{2+}$ (5, 6, 1)	0.637	-0.011	-0.093	-0.872*	-0.060	0.657	0.517	-0.241	-0.210	0.212	0.203	0.376	0.477	-0.029	0.214
$\text{K}^+/\text{NH}_4^+$ (1, 2, 3)	-0.723*	-0.803*	0.464	-0.246	-0.078	-0.509	0.402	0.583	-0.426	0.020	-0.360	0.442	-0.157	-0.680*	-0.530
$\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$ (3, 4, 5)	0.357	0.439	-0.344	0.900*	0.126	-0.504	-0.516	-0.086	0.689*	-0.281	0.310	-0.627	-0.355	0.503	0.142
$\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ (11, 12, 7)	0.101	-0.146	-0.519	0.561	-0.493	0.557	-0.181	0.448	0.776*	-0.478	0.596	-0.331	0.552	0.787*	0.492
$\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{NO}_3^-$ (7, 8, 9)	-0.344	0.507	-0.505	-0.552	0.332	-0.644	0.877*	-0.568	-0.564	0.431	-0.722*	0.779*	-0.592	0.060	-0.143
$\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$ (9, 10, 11)	0.083	-0.093	0.653	-0.250	-0.013	0.460	-0.914*	0.291	-0.653	0.202	0.431	-0.731*	0.236	-0.828*	-0.330

<sup>2</sup> These correlation coefficients were analysed according to Yonezawa et al. (1994).

<sup>3</sup> Data used were the same as Table 4.

\* Significant at 5%.

の含有率も低かった。この理由については、供試品種の相違、測定時の花序の有無、施肥方法の違いなどが考えられる。特に本実験では、培養液を EC 値が最初に  $0.06 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$  であったものを  $0.03 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$  になるまで繰り返し施用したため、培養液濃度は平均すると低くなり、吸収量も低くなったものと考えられる。しかし、どの処理区も外見的な異常は認められず、各元素の供給は問題のない範囲で行われたものと考えられる。

本実験では、培養液イオン濃度が高ければその吸収量も多くなる傾向が示された。また、拮抗的吸収阻害が起きていることも示された。これは、本実験の各イオンの処理濃度域は、 $\text{NH}_4^+$  は  $1.4 \sim 2.8$ ,  $\text{K}^+$  は  $2.1 \sim 3.5$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  は  $2.1 \sim 3.5$ ,  $\text{NO}_3^-$  は  $4.8 \sim 6.5$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  は  $0.3 \sim 2.0$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  は  $1.7 \sim 3.4 \text{ meq} \cdot \text{L}^{-1}$  の範囲であり、これらの濃度範囲は、細胞膜上に存在するイオン吸収に関係する担体のイオンとの親和性が比較的低いと考えられる範囲（システム 2）で、非選択的な吸収が行われたためと考えられた（茅野・篠崎, 1989）。また、陽イオン（ $\text{K}^+$ ）が陰イオン（ $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ）の吸収あるいは転流を阻害すると思われる現象、逆に陰イオン（ $\text{NO}_3^-$ ）が陽イオン（ $\text{Ca}^{2+}$ ）の吸収を促進すると思われる現象も見られた。 $\text{NO}_3^-$  が  $\text{Ca}^{2+}$  の吸収を促進すると思われる現象は、 $\text{Ca}^{2+}$  吸収時の随伴イオンとして  $\text{NO}_3^-$  の吸収速度が速いためと考えられる。 $\text{K}^+$  と  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  の相互作用も示されたが、そのメカニズムについては明らかにできなかった。

## 摘 要

ミズゴケで栽培したドリテノプシスの乾物重と成分含有率に及ぼす培養液のイオン組成の影響について検討した。茎葉、根、花序などの乾物重と乾物割合は、処理区間での差は比較的小なかつた。しかし、 $\text{K}^+$  濃度の増加は茎葉の乾物重の増加に、 $\text{Ca}^{2+}$  濃度の増加は減少につながった。乾物率は器官間での違いが大きく、茎葉部では  $6.4 \sim 7.4\%$  であったのに対し、根部は  $8.5 \sim 10.4\%$ 、花序部では  $7.0 \sim 8.4\%$  となった。各成分の含有率は培養液中の特定のイオン比率が上昇すれば同種元素含有率は増加したが、陽イオンあるいは陰イオン群内の他種のイオンの吸収は抑制された。本実験の陽イオン処理区では茎葉の Ca 含有率、花序の P 含有率に違いが見られた。また、陰イオン処理区では根の P, Ca 含有率、花序の N, Ca 含有率に違いが見られた。これは、各イオンの吸収と移動が、培養液組成によって影響を受けたことによるものと考えられた。 $\text{K}^+$  は  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  の吸収・転流を阻害し、 $\text{NO}_3^-$  は  $\text{Ca}^{2+}$  の吸収を促進したが、その機作については不明であった。

**謝 辞** 実験材料を提供頂いたサッポロビール（株）アグリ事業部、また元素分析についてお世話になった愛知教育大学長沼 健教授、岐阜大学農学部福井研究室の陳 敏

詩君、中村雅亘君、高橋明子さんおよび鈴木 亮君に厚く御礼を申し上げます。

## 引用文献

- Cui, Y. Y., E. J. Hahn, X. C. Piao, Y. B. Lee and K. Y. Paek. 2002. Effect of nutrient solution strength on growth of *Doritaenopsis* ‘Tinny Tender’ in an Ebb & Flow System. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43: 86–90.
- 五味 清・萩野之泰・田中豊秀. 1980. ファレノプシス *Phalaenopsis* hybrid の施肥と培養土. 宮崎大農報. 27: 267–276.
- Hahn, E. J. and K. Y. Paek. 2001. High photosynthetic photon flux and high  $\text{CO}_2$  concentration under increased number of air exchanges promote growth and photosynthesis of four kinds of orchid plantlets in vitro. In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant. 37: 678–682.
- 金 勲・福井博一・市橋正一. 2004. ドリテノプシスの生育とイオン吸収量に及ぼす培養液のイオン組成の影響. 園学雑. 73: 280–286.
- 茅野充男・篠崎泰子. 1989. 養液栽培における陰イオン吸収の問題. p. 85–102. 日本土壤肥料学会編. 養液栽培と植物栄養. 博友社. 東京.
- 中野 直・片岡虎夫・山口省吾. 1977. 洋らん（シンビジウム）の開花調節に関する試験.（第3報）チッソの施肥量および施肥方法が生育開花に及ぼす影響. 三重農技報. 6: 57–66.
- Poole, H. A. and T. J. Sheehan. 1974. Chemical composition of plant parts of *Phalaenopsis* orchids. Amer. Orchid Soc. Bull. 43: 242–246.
- 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.
- 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・榊田正治・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・臼井真理子・窪田 聡. 1997. 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. 園学雑. 66: 141–147.
- 米田和夫・米本文美・加藤哲郎. 2000. ファレノプシスのメリクロン苗の養分吸収特性について. 園学雑. 69 (別 1): 371.
- 米沢勝衛・佐々木義之・今西 茂・藤井宏一. 1994. 生物統計学. p. 41–45. 朝倉書店. 東京.