

## 養液栽培におけるバラの多量要素吸収とその季節的変動

竹田 義\*・高橋克征\*\*

京都府山城園芸研究所 610-03 京都府綴喜郡田辺町興戸

Seasonal Changes of Macro Element Absorption in Solution Cultured Roses

Tadashi Takeda\* and Katsuyuki Takahashi\*\*

Kyoto Prefectural Yamashiro Horticultural Research Institute, Tanabe, Kyoto 610-03

## Summary

'Sonia' roses grafted to the *Rosa multiflora* rootstock were grown in recirculating hydroponic systems at two concentrations (EC 1.2 and 2.1  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) of the Japanese standard nutrient solution (Enshi-shohou).

Changes of pH, EC, and uptake concentrations of macro elements were measured at twelve intervals varying from 11 to 51 days, depending on the season and plant sizes. Plant growth and cut flower yield were also recorded.

The higher concentration of nutrient solution increased flower production and the cut flower length.

The pH at both concentrations sharply increased up to 8.5 in the winter, but that of the higher concentration remained constant during periods of high temperature.

The uptake of elements fluctuated seasonally and cyclically, descending in the summer and rising in the winter. The average uptake of the macro elements was  $\text{NO}_3^-$  7.2,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  3.3,  $\text{K}^+$  2.7,  $\text{Ca}^{2+}$  4.2,  $\text{Mg}^{2+}$  1.2, and  $\text{SO}_4^{2-}$  1.0 ( $\text{me}\cdot\text{liter}^{-1}$ ). The lower uptake concentrations made in the summer months were from 44% ( $\text{NO}_3^-$ ) to 56% ( $\text{K}^+$ ) of those absorbed in the winter months.

The range of seasonal fluctuations in uptake concentrations depended on the elements, of which  $\text{NO}_3^-$  produced the most notable change; thus the pH of solution at the end of the sampling date varied.

The result illustrates that not only ion balance but also seasonal changes in uptake concentration, which may appertain to transpiration velocity, are important factors to know in order to keep the nutrient solution in the root environment constant.

$\text{NH}_4^+$  and  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  which tend to be absorbed preferentially beyond the level of nutrient concentrations, require further experiments to determine how to maintain the optimum concentration levels in the nutrient solution.

**Key Words:** hydroponic, nutrient solution, macro elements, rose.

## 緒 言

花き生産における養液栽培は切り花バラ栽培で最も普及し、そのほとんどにおいてロックウールを培地としたオープンシステムが採用されている。高い収量性が認められる一方で、培養液管理に起因すると考えられる生理障害が少なからず生じている。

わが国では養液栽培用の液肥として、汎用性の高い園試処方培養液が利用されることが多い。しかし、これが

バラの養分吸収特性に合致したものであるかどうか明らかにされていない。また、ロックウール栽培の実用化が進んでいるオランダにおいてもバラ専用の培養液組成が発表されているものの、発表ごとに変更が加えられているのが現状である (De Kreij, 1985 ; Sonneveld・Straver, 1988)。

ロックウール栽培では、植物による蒸散量に追随させる方式で通常1日に数回から10数回点滴によって給液が行われる。その際、根圏の培養液組成と濃度を安定させ、温室内の位置による生育差や給液むらを補正するために多量の培養液がかけ流される。このような栽培方式は比較的培養液管理が容易であり、かつ高い収量性が期待できるが、養水分の利用効率の悪さや多量の排液による環境汚染などが問題となっている。バラの養液栽培を

1996年11月8日 受付。1997年4月23日 受理。

本研究の一部は園芸学会平成元年度秋季大会において発表した。

\*現 大阪府立花の文化園 586 大阪府河内長野市高向2292

-1

\*\*現 京都府立農業大学校 623-02 京都府綾部市位田町檜前

30

安定した技術とするには適切な培養液管理が不可欠であり、栽培面と経済面からその確立が求められている。

バラの養分吸収に関する報告は多いが、養液栽培における培養液組成の決定という観点から多量要素全般にわたって吸収組成と濃度について研究された例はほとんどない。

本研究は水耕栽培におけるバラの多量要素の吸収組成と濃度およびその季節的な変化、ならびに培養液濃度が吸収に及ぼす影響について調査を行い、養分吸収特性の解明とこれに基づく培養液管理のための基礎的知見を得ることを目的として行った。

## 材料および方法

ノイバラ実生台木に切り接ぎした‘ソニア’の苗を、1988年4月1日にロックウール粒状綿を用いて底部を除去した15 cm径のポリエチレンポットに植え付けた。EC 1.0 mS $\cdot$ cm $^{-1}$ に調製した園芸試験場標準処方第1例（以下園試処方とする）の培養液を与えて育苗し、鉢底から新根が発生した5月2日に、水耕栽培ベッドに8株ずつ移して定植とした。実験に用いた水耕装置は、長さ193 cm $\times$ 幅47 cm $\times$ 深さ13 cmのプラスチック製の栽培ベッドと容積200 literのタンクを上下に組み合わせたもので、タンクの培養液をポンプで5分間ベッドに送り、25分間休止してその間に約5 cm液面低下させる循環システムとした。液面が最も低下したときにベッド内に約40 literの培養液が残るように設定し、ポンプが稼働して液面が最も高くなったときに鉢の底部が約1 cm培養液に浸かるように鉢を配置した。

培養液には園試処方第1例を用い、低濃度区（0.4倍濃度）と高濃度区（0.8倍濃度）の2水準の濃度区を設定した。原水には水道水を使用し、調査開始時に200 literの培養液を作成して、水を補給せずに栽培を続け、植物の吸水によって培養液量が約半分に減少した時点で新しい培養液と交換した。培養液の更新は、1988年5月2日から1989年4月7日までの実験期間中12回行った。

各調査期間について、作成した培養液および更新時の残液を各区3点ずつサンプリングし、pH、ECおよびNO $_3^-$ 、H $_2$ PO $_4^-$ 、NH $_4^+$ 、SO $_4^{2-}$ 、K $^+$ 、Ca $^{2+}$ 、Mg $^{2+}$ の含有量を測定した。培養液の分析にはイオンクロマトグラフを用いた。調査開始時と終了時における培養液の各

成分濃度の分析値と培養液量の積により成分含有量を求め、その差を調査期間中の吸水量で除してみかけの吸収濃度（本文中では以下吸収濃度と記す）を算出した。実験は各区2反復とした。

地上部の栽培管理は慣行に従い、植え付け後発生したベールシュートピンチをピンチして株を養成した。8月9日に最終ピンチを行い、9月から翌年の4月7日まで切り花した。切り花は原則として5枚葉を2枚残して行い、切り花長、切り花重を測定した。

実験を行ったガラス温室は、最低気温が15 $^{\circ}$ Cになるように加温し、日中25 $^{\circ}$ Cで換気した。

## 結果

培養液調製時の成分について、12回の測定の平均値を第1表に示した。pH、ECおよび各成分の含有量は作成時ごとにわずかに変動がみられ、低濃度区ではpHが5.1から5.9、ECは1.1から1.3 mS $\cdot$ cm $^{-1}$ 、高濃度区ではpHが5.0から5.6、ECは2.0から2.3 mS $\cdot$ cm $^{-1}$ の範囲であった。

### 切り花収量

定植後最終ピンチを行った8月上旬までの生育は、濃度区間に差が認められなかったが、最終的な切り花本数は低濃度区の219本に対して、高濃度区が276本と約26%多かった。切り花長別では高濃度区で60 cm以上の切り花が多く、低濃度区は40 cmから60 cmの切り花が多数を占めた。切り花重の合計は、低濃度区の5726 gに対して、高濃度区は8553 gと切り花本数の両区の差よりも大きく、高濃度区は丈の長い重量のある切り花の比率が高かった（第2表）。

### 培養液のpHとECの変化

培養液のpHはいずれの調査期間についても調製時よりも調査終了時に上昇し、その傾向は低濃度区で顕著であった（第1図）。低濃度区では7月から8月には終了時のpHが7.4から7.6に、11月から4月には8.7になった。高濃度区のpHの変化は、低温期には低濃度区のそれと差がなかったが、高温期における上昇の程度は小さかった。

培養液のECは高濃度区では調査終了時に例外なく上昇し、7月29日から8月9日の調査では終了時のECが4.1 mS $\cdot$ cm $^{-1}$ になり、上昇の程度は高温期に増大した。低濃度区のECは、1月から3月の低温期にはわず

Table 1. The pH, EC value and salt contents of nutrient solution at the start of examinations.

Concentration	pH	EC	NO $_3^-$	NH $_4^+$	H $_2$ PO $_4^-$	K $^+$	Ca $^{2+}$	Mg $^{2+}$	SO $_4^{2-}$
		mS $\cdot$ cm $^{-1}$				me $\cdot$ liter $^{-1}$			
Low	5.4	1.2	6.9	0.5	1.4	3.3	4.1	2.0	2.0
High	5.1	2.1	13.4	1.0	2.9	6.7	7.4	3.7	3.9

Means of the twelve examinations

かに上昇した程度であったが、6月から10月には1.5から1.7  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  になった。

高濃度区の各調査終了時のイオン濃度とpHの関係は、第3表に示したように7月から8月が6.0と低かったのに対し、11月から3月が8.5と高く、それ以外の調査期間の平均値は7.1であった。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>を10として換算した各時期の要素間の比率は、pHが高かった11月から3月にK<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>のカチオンとSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が高く、H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>が低い値を示した。

#### 多量要素の吸収濃度

各調査期間における両濃度区の各要素のみかけの吸収濃度の年間の変動を第2図に示した。調査終了時に培養液からイオンが検出されない時期があったNH<sub>4</sub><sup>+</sup>については、吸収濃度を算出できないため結果を示さなかった。

各要素における吸収濃度の年間の変動パターンは類似したが、変動の幅は一様ではなかった。高濃度区の

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の吸収濃度は、第1回目の調査期間に当たる5月2日から6月22日の間が7.2  $\text{me}\cdot\text{liter}^{-1}$ であり、8月まで次第に低下して8月9日から8月26日が年間を通じて最も低い3.9  $\text{me}\cdot\text{liter}^{-1}$ であった。その後吸収濃度は上昇に転じ、1月11日から2月17日が11.4  $\text{me}\cdot\text{liter}^{-1}$ と高かった。一方、低濃度区のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の吸収濃度の変化は高濃度区のそれと類似したが、高温期の吸収濃度は約4  $\text{me}\cdot\text{liter}^{-1}$ と高濃度区と差がなかったのに対し、低温期の吸収濃度は最高9  $\text{me}\cdot\text{liter}^{-1}$ 以下であり、変動幅は高濃度区よりも小さかった。

H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>の吸収濃度は高濃度区が1.9から5.0  $\text{me}\cdot\text{liter}^{-1}$ の範囲にあり、低濃度区のそれは1.5から2.5  $\text{me}\cdot\text{liter}^{-1}$ であった。年間の吸収濃度の変動はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>に類似した。低濃度区はほぼ周年にわたって調製時の濃度1.4  $\text{me}\cdot\text{liter}^{-1}$ を上回る濃度で、高濃度区は10月から6月に同じく2.9  $\text{me}\cdot\text{liter}^{-1}$ を上回る濃度で吸収された。

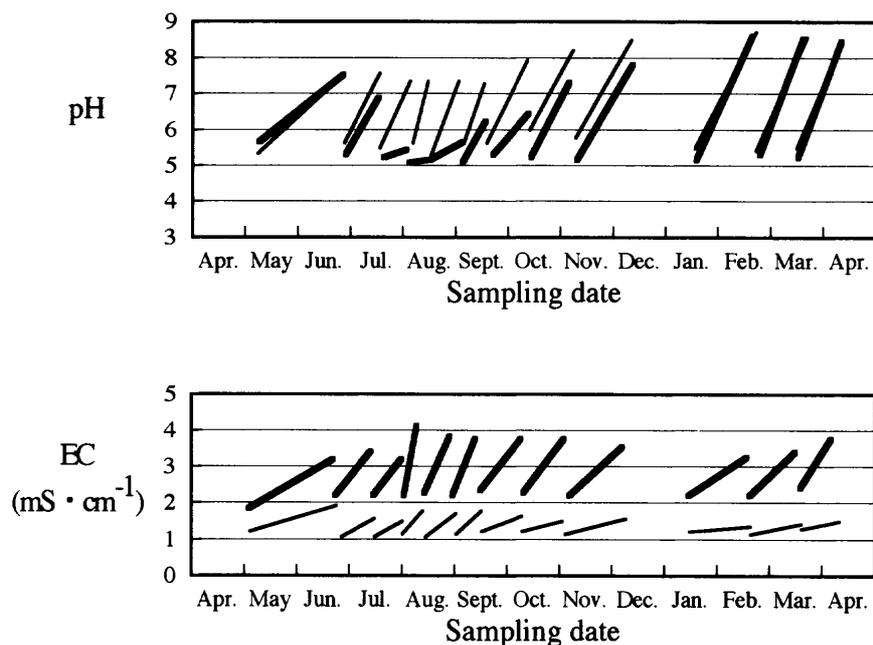
**Table 2.** Effect of nutrient concentration on the cut flower yield of grafted 'Sonia' rose grown on recirculation hydroponics.

Nutrient concentration	Cut flower <sup>z</sup>		Grade <sup>y</sup> (No. of stem)				
	number	fresh weight (g)	2S	S	M	L	2L
Low <sup>x</sup>	219	5726	14	74	79	44	8
High	277	8553	16	64	80	71	46

<sup>z</sup> Total cut flowers of eight plants obtained from Sept. to following Apr..

<sup>y</sup> 2S : <40 S : 40 ≤ M : 50 ≤ L : 60 ≤ 2L : 70 ≤ (cm)

<sup>x</sup> Average EC value : low 1.2  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , high 2.1  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$   
The experiments had two replications.



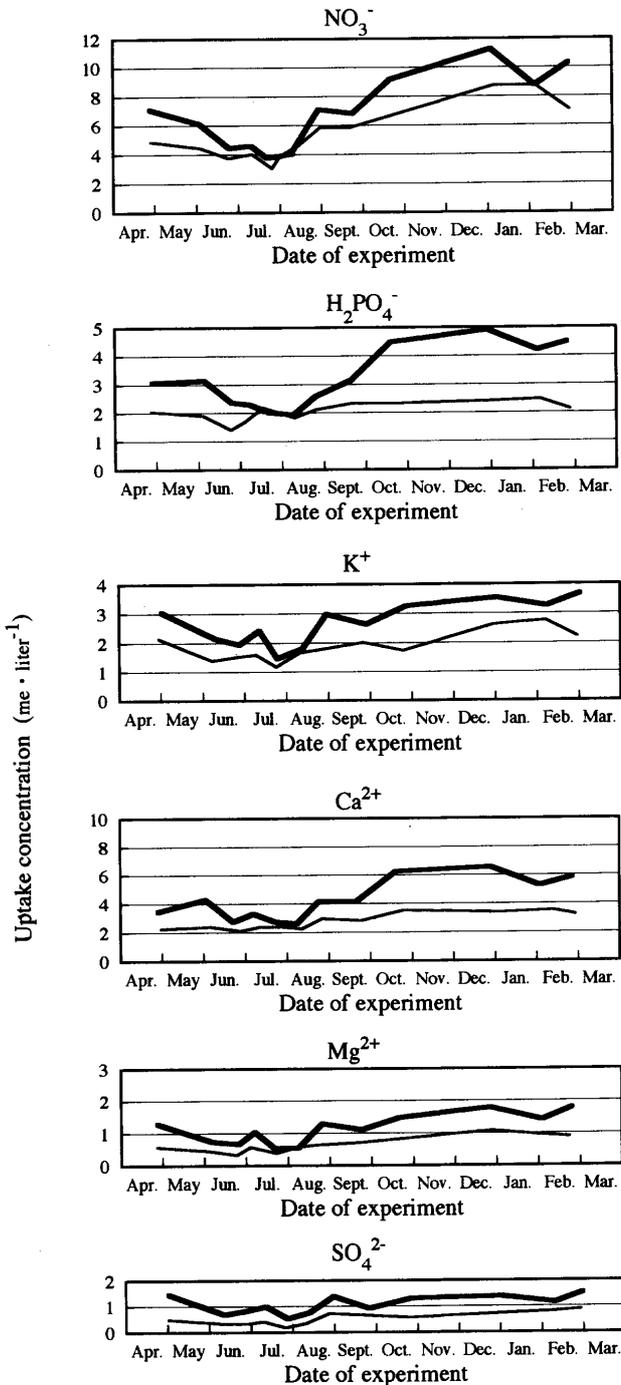
**Fig. 1.** Comparison of the pH and EC values of the nutrient solution between the start and the end of each sampling date.

— Low (EC1.2 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) — High (EC2.1 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ )

**Table 3.** Relationship between pH and components in the high concentration solutions at the end of experiment.

Examination period	pH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
		me·liter <sup>-1</sup>					
a Jul.-Aug.	6.0	10.0	1.5	5.1	5.5	3.0	3.1
b Apr., May, Jun., Sept., Oct.	7.1	10.0	1.1	5.6	5.3	3.3	3.6
c Nov.-Mar.	8.5	10.0	0.2	6.6	5.8	3.9	4.5

Based on NO<sub>3</sub><sup>-</sup> at 10 me·liter<sup>-1</sup>



**Fig. 2.** Seasonal changes of uptake concentration of macro elements in grafted 'Sonia' rose plants grown at two concentrations. Concentrations were calculated by dividing the differences of each ion content in the solutions between the start and the end of examinations by the amount of solution consumed.

— Low (EC1.2mS·cm<sup>-1</sup>)  
 - - - High (EC2.1mS·cm<sup>-1</sup>)

K<sup>+</sup> の吸収濃度は低濃度区、高濃度区ともに培養液中のイオン濃度よりも低かった。高濃度区における吸収濃度は、高温期の 1.4 me·liter<sup>-1</sup> から低温期の 3.5 me·liter<sup>-1</sup> の範囲にあり、平均では 2.7 me·liter<sup>-1</sup> であった。低濃度区は 1.0 から 2.6 me·liter<sup>-1</sup> であり、高温期に高濃度区との吸収濃度の差が小さくなった。

Ca<sup>2+</sup> の吸収濃度は高濃度区が 2.4 から 6.4 me·liter<sup>-1</sup>、低濃度区では 2.4 から 3.8 me·liter<sup>-1</sup> であり、高温期に吸収濃度が低下し低温期に上昇した。年間の平均吸収濃度は低濃度区は 3.0 me·liter<sup>-1</sup>、高濃度区は 4.2 me·liter<sup>-1</sup> であった。

Mg<sup>2+</sup> の吸収濃度は高濃度区が 0.5 から 1.9 me·liter<sup>-1</sup>、低濃度区は 0.6 から 1.4 me·liter<sup>-1</sup> の範囲で変動した。K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup> と同様に、吸収濃度は培養液中のイオン濃度よりも低かった。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の吸収濃度は低濃度区が 0.3 から 1.0 me·liter<sup>-1</sup>、高濃度区が 0.4 から 1.6 me·liter<sup>-1</sup> であった。年間の吸収濃度の変動の様相は他のイオンと同じであった。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> は NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> とは異なり、アニオンでは唯一培養液濃度よりも低い濃度で吸収され、吸収濃度は両濃度区とも培養液のイオン濃度の 50% 以下であった。

12 回の調査結果を平均すると、高濃度区における吸収濃度は NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 7.2、H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> 3.3、K<sup>+</sup> 2.7、Ca<sup>2+</sup> 4.2、Mg<sup>2+</sup> 1.2、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 1.0 me·liter<sup>-1</sup> であり、低濃度区の吸収濃度は NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 6.5、H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> 2.1、K<sup>+</sup> 1.8、Ca<sup>2+</sup> 3.0、Mg<sup>2+</sup> 0.9、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 0.6 me·liter<sup>-1</sup> であった。

低温期の吸収濃度に対する高温期の吸収濃度の低下率を高濃度区についてみると、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> が 44% と最も大きく次いで Ca<sup>2+</sup> の 46% であり、K<sup>+</sup> の 56% が最も小さかった。H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> は 46 から 48% と差がなく、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> は 54% であった (第 4 表)。

また、吸収濃度に与える培養液濃度の影響は、要素の種類と調査時期によって違いがみられた。いずれの要素も培養液の濃度区間における吸収濃度の差は低温期に増大して高温期に減少する傾向を示し、7 月 29 日から 8 月 9 日の調査では両区の吸収濃度にほとんど差がなかった。年間を通じて濃度区間における吸収濃度の差が最も小さかったイオンは NO<sub>3</sub><sup>-</sup> であった。

**Table 4.** Seasonal changes of uptake of macro elements by 'Sonia' rose plants grown in high concentration solution ( $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$ )

Examination period	$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-}$
Means	7.2	3.3	2.7	4.2	1.2	1.0
(LSD 0.05)	2.0	1.1	0.5	1.3	0.4	0.4
a Jul.-Aug.	4.4	2.2	1.9	2.7	0.8	0.7
b Apr., May, Jun., Sept., Oct.	7.0	3.2	2.7	3.9	1.2	1.1
c Nov.-Mar.	10.1	4.6	3.4	5.9	1.7	1.3
a/c	0.44	0.48	0.56	0.46	0.47	0.54
b/c	0.69	0.70	0.79	0.66	0.71	0.85

Concentrations were calculated by dividing the differences of each ion content in the solutions between the start and the end of experiments by the amount of solution consumed.

## 考 察

培養液濃度と生育の関係、あるいは葉中の無機成分含有率から、養液栽培におけるバラの根圏最適養分レベルを明らかにしようとする研究が数多く実施されてきたが (Gabriels・Meneve, 1973; Carlson・Bergman, 1966; 石田ら, 1980; Johansson, 1977; 1979), 多量要素全般にわたる吸収特性から最適な培養液の組成と濃度について検討した報告はみられない。

本実験では年間12回にわたって多量要素の吸収組成とみかけの吸収濃度を調べたが、調査したすべての要素において季節による著しい変動が認められ、いずれも低温期に上昇して高温期に低下し、他の期間はその間の値をとるという共通したパターンを示すことが明らかになった。良好な生育を示した高濃度区における吸収濃度の最高値と最低値を比較すると、要素によってその差が2.5倍から3.9倍にも達し、ある特定の時期におけるみかけの養分吸収濃度をもってバラの多量要素の吸収特性を表現するのは適切ではないと思われた。

高濃度区における吸収濃度の年間平均値は  $\text{NO}_3^-$  7.2,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  3.3,  $\text{K}^+$  2.7,  $\text{Ca}^{2+}$  4.2,  $\text{Mg}^{2+}$  1.2,  $\text{SO}_4^{2-}$  1.0  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$  と算出され、これを Sonneveld・Straver (1988) がバラ用の培養液組成として示した  $\text{NO}_3^-$  11.0,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  3.8,  $\text{K}^+$  5.0,  $\text{Ca}^{2+}$  7.0,  $\text{Mg}^{2+}$  1.5,  $\text{SO}_4^{2-}$  2.5  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$  と比較すると、 $\text{NO}_3^-$  を 11.0 に換算したとき  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  5.0,  $\text{K}^+$  4.1,  $\text{Ca}^{2+}$  6.4,  $\text{Mg}^{2+}$  1.8,  $\text{SO}_4^{2-}$  1.5  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$  となり、本実験の方が  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  の比率がやや高く  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  は低い値となった。 $\text{NH}_4^+$  については調査終了時にほとんど検出されなかったため吸収濃度は明らかではないが、少なくとも 1.0  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$  以上であり、少量に存在しても非常に吸収されやすいイオンであるということが出来る。養液栽培における窒素源としての  $\text{NO}_3^-$  と  $\text{NH}_4^+$  の比率は培養液の pH に大きな影響を及ぼす (Ikeda・Osawa, 1981; 池田・大沢, 1983)。バラでは  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  比 0.25 の場合に収量が多く、組織中の窒素含有量が増加

するが、過剰な  $\text{NH}_4^+$  の存在は有害であるとされ (Ferigin et al., 1984; 1986), 吸収特性、適正な濃度についてはさらに検討を要する。ロックウール栽培におけるバラの培養液管理に関して、De Kreij (1985) は給液の EC を夏は 1.6 から 1.8  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  として根圏の EC を 2.0  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  に、冬は給液を 2.1  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  として根圏の EC を 2.5 から 3.0  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  に維持するのが望ましいとし、Sonneveld・Straver (1988) は給液の EC を 1.5  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ , 根圏 EC の目標値を 2.2  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  と発表している。給液の EC 1.5 から 1.8  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  は低温期の吸収濃度に近い値であるが、本実験では高温期にそれが EC 0.7  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  程度まで低下した。吸収濃度の著しい季節変動と高温期におけるその大幅な低下は、夏季冷涼な北ヨーロッパと比較して温度、日照の季節変化が大きいわが国の気象条件を反映したものと推察される。このような環境下においては根圏の最適培養液濃度は季節によって変動するものであり、みかけの吸収濃度に準じた値がその指標となり得ると考えられる。

つぎに各要素の吸収濃度は、季節的な変動だけでなく培養液濃度の影響を強く受けることが明らかになった。高濃度区に対する低濃度区の吸収比率は、年間平均では  $\text{NO}_3^-$  91%,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  64%,  $\text{K}^+$  67%,  $\text{Ca}^{2+}$  72%,  $\text{Mg}^{2+}$  77%,  $\text{SO}_4^{2-}$  61% と算出され、培養液のイオン濃度が高いほど吸収濃度も高まる傾向が認められた。

Woodson・Boodley (1982a, 1982b) らは培養液中の  $\text{K}^+$  濃度を 0.25 から 10.0  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$  にかえてバラを栽培し、濃度が高いほど葉中の K 含有量は増加するが、収量は  $\text{K}^+$  5.0  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$  で最も多かったとしている。本実験では  $\text{K}^+$  だけでなく、 $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  の吸収も培養液の濃度の影響を大きく受けることが観察された。これらのイオンのみかけの吸収濃度は培養液のイオン濃度より低く、 $\text{K}^+$  では低温期に 6.5  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$  の  $\text{K}^+$  を含む培養液で栽培したときの吸収濃度は約 3.5  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$  であったが、培養液中の濃度が 3.5  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$  と低い場合には吸収濃度も 2.5  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$  に低下した。 $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{Mg}^{2+}$  も似た吸収特性を示した。

カチオンの吸収はイオン交換反応であるため、根圏のイオン濃度が吸収量に影響するとされるが(茅野, 1993), 本実験ではアニオン吸収にも根圏のイオン濃度の影響が認められた。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>とH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>は培養液中の濃度が低い場合、相対的に高い濃度で吸収される傾向があり、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>では高濃度区の吸収濃度は最高で培養液濃度の90%であったが、低濃度区では60%から140%の範囲であった。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の吸収はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>およびH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>とは異なり、吸収濃度の時期的な変動のパターンはカチオンのそれと類似した。

しかし、第2図から明らかなように吸収濃度に及ぼす培養液濃度の影響は一定ではなく、吸収濃度が低下する高温期には両濃度区の吸収量にほとんど差が認められなかった。このことはイオン吸収が根圏における培養液濃度だけでなく、気温や日射量などに支配される何らかの要因の影響を受けることを示唆している。すなわち、培養液中のイオン濃度と季節によって決まるみかけの吸収濃度の上限値が存在し、これを上回る培養液中のイオン濃度は吸収に対してはもはや影響を及ぼさないと推察され、高温期には本実験で設定した低濃度区のイオン濃度がすでにその領域にあったものと考えられる。

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>を例示すると、低濃度区のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度約4 me·liter<sup>-1</sup>が高温期における吸収濃度の上限付近にあったために、これ以上のイオンの存在は吸収濃度に影響をしなかったのではないと思われる。

景山ら(1987)はキクの初期生育に及ぼすNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度を検討し、8月に水耕栽培したキクでは50 ppmから300 ppmの範囲で生育に差がないことからこの濃度範囲をすべて適濃度であり、さらに低い濃度であっても0にならない限り同じ速度で吸収されるとしている。これを本実験結果と比較するとバラでは8月の吸収濃度が50から60 ppm程度と換算され、キクにおいても50 ppmがすでに吸収可能な上限に近い値であったためこれ以上の濃度では生育に差が生じなかったとも考えられる。吸収濃度の季節的な変動については他の花きでも検討される必要がある。

以上のようなイオンによるみかけの吸収濃度の季節的な変動の違いと根圏のイオン濃度が吸収濃度に及ぼす影響の差異が、調査終了時の培養液のpHに差を生じさせた要因であると考えられ、高温期におけるNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の吸収濃度の低下割合が大きいためにK<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>などのカチオンの吸収比率が相対的に高まりpHが比較的強く推移したものと推察される。このような結果は、同時に単一組成培養液による濃度管理だけでは根圏培養液の濃度とpHのコントロールが困難であることを示すものである。

従って養液栽培における根域の培養液濃度は実質的なバラによるイオン吸収に近似した濃度とし、これに上述

のような吸収特性の差異を加味した培養液管理、すなわち低温期に吸収濃度が相対的に高まるNO<sub>3</sub><sup>-</sup>に対しNH<sub>4</sub><sup>+</sup>を加用してpHの上昇を防ぐなどの補正が必要になると思われる。

吸収特性の明確ではないNH<sub>4</sub><sup>+</sup>、過剰吸収されやすいH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>については吸収濃度から培養液濃度を決定することは適切でないと思われ、pHの安定化とともにさらに検討を要する課題であるが、本実験によって示されたバラの多量要素の吸収組成と濃度およびその季節変動はバラ用の培養液組成を決定する際の指標として利用でき、それがロックウール栽培に限らず広くバラの養液栽培において適用可能であると思われる。

## 摘 要

ノイバラ実生台木に切り接ぎした‘ソニア’の接木苗を用いて水耕栽培を行い、圃試処方第1例培養液の高濃度と低濃度の2水準の濃度区を設定して多量要素の吸収濃度とその季節的な変化を周年にわたり調査した。

バラの生育は最終ピンチを行った8月上旬までは、培養液の濃度による差はなかったが、切り花本数、品質は高濃度区の方が優れた。

培養液のpHはいずれの調査期間についても調査終了時には開始時よりも上昇し、その傾向は高濃度区に比べて低濃度区で顕著であった。培養液のECは高濃度区の高濃度期に著しく上昇し、低濃度区においても5月から10月にはEC 2.0 mS·cm<sup>-1</sup>程度まで上昇した。

吸収濃度の年間平均値は高濃度区がNO<sub>3</sub><sup>-</sup> 7.2, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> 3.3, K<sup>+</sup> 2.7, Ca<sup>2+</sup> 4.2, Mg<sup>2+</sup> 1.2, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 1.0 me·liter<sup>-1</sup>, 低濃度区はNO<sub>3</sub><sup>-</sup> 6.5, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> 2.1, K<sup>+</sup> 1.8, Ca<sup>2+</sup> 3.0, Mg<sup>2+</sup> 0.9, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 0.6 me·liter<sup>-1</sup>であり、高濃度区の吸収濃度が高かった。

各要素のみかけの吸収濃度には季節による変動が認められ、すべての要素の吸収濃度が低温期に上昇して高温期に低下し、他の期間はその中間の濃度で推移した。吸収濃度の変動幅はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>が最も大きく、高温期の吸収濃度は低温期のその44% (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) から56% (K<sup>+</sup>)であった。

以上の結果からバラの養液栽培における根圏培養液環境の安定化には、供給する培養液の組成だけでなく、みかけの吸収濃度の季節変動を考慮した培養液管理の重要性が示された。

## 引用文献

- Carlson, W.H. and E.L. Bergman. 1966. Tissue analyses of greenhouse roses (*Rosa hybrida*) and correlation with flower yield. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88:671-677.  
De Kreij, C. 1985. Voedingsoplossingen Voor de Teelt van Rozen in Kunstmatige Substraten. p. 19. Experiment Station for Glasshouse Crops, The Netherlands.  
Ferigin, A., C. Ginzburg, A. Ackerman and S. Gilead.

1984. Response of roses growing in a volcanic rock substrate to different  $\text{NH}_4/\text{NO}_3$  ratios in the nutrient solution. Proceedings, sixth international congress on soilless culture. ISOSC (1984) : 207-213.
- Ferigin, A., C. Ginzburg, S. Gilead and A. Ackerman. 1986. Effect of  $\text{NH}_4/\text{NO}_3$  ratio in nutrient solution on growth and yield of greenhouse roses. *Acta Hort.* 189 : 127-135.
- Gabriels, R. and I. Meneve. 1973. Nutritional requirements of roses grown in peat. *Scientia Hort.* 1 : 341-349.
- Ikeda, H. and T. Osawa. 1981. Nitrate- and ammonium-N absorption by vegetables from nutrient solution containing ammonium nitrate and the resultant change of solution pH. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 50 : 225-230.
- 池田英男・大沢孝也. 1983. 水耕培養液中  $\text{NO}_3$  と  $\text{NH}_4$  の濃度並びに比率がそ菜の生育, 葉中 N 成分および培養液の pH に及ぼす影響. *園学雑.* 52 : 159-166.
- 石田 明・重岡広男・増井正夫・糠谷 明. 1980. バラの収量と品質に及ぼす窒素濃度の影響. 昭 55 秋園学会発要 97-98.
- Johansson, J. 1977. The nutrient requirement of greenhouse roses as determined by leaf and soil analyses. Thesis. Swed. Univ. of Agr. Sci., Alnarp, Sweden.
- Johansson, J. 1979. Main effects and interactions of N, P and K applied to greenhouse roses. *Acta Agriculturae Scandinavica* 29(2) : 191-208.
- 景山詳弘・林 孝洋・小西国義. 1987. 窒素濃度がキクの初期生育に及ぼす影響. *園学雑.* 56 : 79-85.
- Sonneveld, C. and N. Straver. 1988. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. *Informatiereeks* No. 8, seventh edition. p. 21. Experiment Station for Glasshouse Crops, The Netherlands.
- 茅野充男. 1993. 養分吸収と移動. p. 102-129. 山崎耕宇他 5 名共著. 植物栄養・肥料学. 朝倉書店. 東京.
- Woodson, W.R. and J.W. Boodley. 1982a. Effects of nitrogen form and potassium concentration on growth, flowering, and nitrogen utilization of greenhouse roses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(2) : 275-278.
- Woodson, W.R. and J.W. Boodley. 1982b. Influence of potassium on the growth, flowering, and chemical composition of greenhouse roses grown in recirculating nutrient solutions. *HortScience* 17(1) : 46-47.