養液栽培におけるバラの生長と養水分吸収との関係

寺田幹彦・景山詳弘・小西国義

岡山大学農学部 700 岡山市津島中

The Relationship between Growth of a Rose Plant and its Nutrient and Water Uptake in Hydroponic Culture

Mikihiro Terada, Yoshihiro Kageyama and Kuniyoshi Konishi

Faculty of Agriculture, Okayama University, Tsushima-naka, Okayama 700

Summary

To develop a new method of fertigation in cut flower production of roses, the relationships between plant growth and its nutrient and water uptake and the ratio of cut flower to plant growth were investigated. Two-year-old rose plants, cv. Sonia and Carl Red, grafted on *Rosa multiflora* Thunb. were grown hydroponically for about a year. The overall plant growth was determined by weighing separately cut flowers, prunings, defoliated leaves, roots, trunks, and old leaves.

The growth rate decreased immediately after harvesting cut flowers and pruning. On a long term basis, however, the growth rate was slower in summer than in other seasons. Growth in 'Sonia' plants was faster than that in 'Carl Red' plants. After flower production had become stable, the ratio of cut flowers to plant growth on a fresh weight (FW) basis was always about 40% in both cultivars.

The amounts of nutrients absorbed per 100 g increments of plant FW in both cultivars were about N: 0.70 g, P: 0.10 g, K: 0.40 g, Ca: 0.17 g, and Mg: 0.04 g. The amount of nutrients absorbed per 100 g cut flowers were 2.5 times greater than those on per plant FW basis.

'Sonia' plants absorbed 2-3 liters of water in winter, 4-5 liters in spring and fall, and 8-9 liters in summer per 100 g FW. 'Carl Red' plants absorbed more water than 'Sonia' plants.

The concentration of nutrient absorbed by the plant (nutrient/water) was lower in summer than in winter, and that of 'Carl Red' was nearly 80% of 'Sonia'. The amount of nitrogen absorbed by 'Sonia' plant was about 230 ppm in winter, 145 ppm in spring and fall, and 110 ppm in summer. The amounts of P, K, Ca, and Mg uptake by plants were on the average 14, 60, 24, and 6 percent of N, respectively.

緒 言

バラの養水分管理, すなわち施肥と灌水に関する研究は, 土耕栽培あるいはロックウール栽培により, 様々な環境条件のもとで行われてきた。施肥については, 培地内の養分濃度を適切な範囲に維持する考え方での研究が多い。土耕栽培では肥料の組み合わせによって, 培地内の各栄養素濃度を適正な範囲に保とうとした研究が行われ(竹島・西沢, 1976; 林, 1980; 石田・北村, 1987), また, 培地内の全体としての養分

濃度を測定する簡便な方法も開発されている(林, 1977)。一方, ロックウール栽培では, 与えられた培養液の20%程度が排液として排出されるように給液することで, ロックウール内の養分濃度を適正範囲に維持しようとしている(竹田, 1993)。

しかしながら, 培地内の各栄養素濃度を測定するのが複雑なために, 実際栽培では経験と勘によって施肥していることが多い。そういう経験と勘に頼った施肥方法では, 肥料不足になることよりも過剰施肥となる場合が多く, しばしば肥料の高濃度障害で切り花の生産性が低下する。

一方、キクの切り花生産では、植物体の生長量と養分吸収量との関係について、景山らによる一連の研究結果（景山ら，1987；景山・小西，1992；景山ら，1993；景山ら，1995；島ら，1995）が報告されている。これらの結果から、キクの生長量と養分吸収量との関係に基づき、必要最少量の栄養を与えることで肥料の無駄と環境汚染を防止し、良質の切り花を生産する施肥法が提案されている。

バラの場合は、キクとちがって長期間にわたり採花を繰り返しながら切り花を生産するので、植物体の生長量と養分吸収量との関係を明らかにし、必要最少量の栄養を施与する研究が必要であると思われるが、まだそういう研究は行われていない。バラの養分吸収に関する研究としては、ロックウール栽培で吸収される養分の組成、濃度およびそれらの時期的な変化を明らかにしようとした研究（高橋・竹田，1989；竹田・片岡，1990）、切り花による養分収奪量を調査した研究（大川，1969）があげられるが、切り花とされた部分以外の植物体部分の生長量や養分含有量を測定していないために、バラ植物体全体の生長量とそれに必要な養分量は明らかにされていない。

また、バラの灌水に関する研究についてみても、様々な栽培条件での最適灌水点（Plaut ら，1973；Plaut・Zieslin，1974；Plaut ら，1976）や吸水量の日変化（竹田ら，1988）が調査されているが、生長量と養分吸収量との関係と同様に、生長量と吸水量との関係を明らかにしようとした研究はみられない。

このように、採花をしながら栽培を続ける種類の切り花生産における施肥と灌水に関する従来の研究では、植物体の生長量と養水分吸収量との関係は解明されていない。また栽培条件によるバラの生長量の違いを比較するときには切り花収量だけをみており、切り花とされた部分以外の植物体部分、すなわち摘除された茎葉、自然に離脱した葉および切り花後に残った植物体部分の重量は調査されていない。これらを含めた植物体の全生長量と養水分とくに養分吸収量との関係を調べ、さらに、全生長重量に占める切り花重量の割合を明らかにすれば、ある期間内に収穫された切り花の重量から、その間の生長に必要で十分な養分量が判明すると考えられる。

著者らは、バラの土耕栽培やロックウール栽培における常時液肥施与、すなわち灌液による適切な養水分管理法を開発しようとしている。その場合、ある期間内の切り花重量からその間に吸収された養分量と水消

費量を知り、その養分量を所定濃度で水とともに施与する方法が考えられる。すなわち、消費された量だけを短期間のうちに培地に戻す養水分管理方式とし、灌液の時期は培地の水分状態により決定することを考えている。そこで、本実験では養液栽培によって、バラ切り花栽培における植物体の全生長量と養水分吸収量との関係を調べるとともに、全生長量に対する切り花重量の割合を明らかにしようとした。

材料および方法

ノイバラ *Rosa multiflora* Thunb. の台木に接ぎ木された‘ソニア’と‘カールレッド’の2年生苗を供試した。1990年9月27日に50 cm×35 cm×D 30 cm、容積50 literのプラスチック容器に2株ずつ定植し、湛水式で連続通気して養液栽培を行った。初めの約1ヵ月間は、多量要素は園芸試験場標準処方（以下園試処方）1/2濃度、微量要素は1/1濃度の培養液で栽培した。

1990年10月31日に一斉に整枝した上で培養液を更新し、窒素濃度120 ppm ($\text{NO}_3\text{-N}$ 100 ppm, $\text{NH}_4\text{-N}$ 20 ppm)、リン、カリウム、カルシウムおよびマグネシウム濃度をそれぞれ21, 150, 80, 24 ppmとし、微量要素は園試処方の1/1濃度として実験を開始した。実験は各品種4反復とし、1991年9月25日まで、約11ヵ月間実施した。その間、1991年3月6日と7月18日に一斉に整枝を行った。

1週間ごとに培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度を測定し、植物の吸収により減少した量を NaNO_3 と $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ で補給して元の窒素濃度に戻した。窒素以外の多量要素および微量要素については、それらが不足しないように4～5週間ごとに培養液全量を更新し、実験開始時と同じ組成のものに戻した。

実験期間中に収穫した切り花の重量、せん定や摘心で摘除した茎葉と自然離脱した葉（以下摘除部）の重量、およびこれらを除いた植物体部分（以下切り下部）の重量を測定して、植物体の全生長量を求めた。採花に当たっては5枚葉を2枚残して切り、切り花の本数、茎長、生体重を調査した。切り下部の重さは、1週間ごとにそれを容器のふたとともに培養液から抜き上げ、根部の水滴を十分に切った後に秤量し、直ちに元の栽培状態に戻す方法で測定した。

植物体の吸水によって減少した培養液は、1週間に3回水道水を補給して所定量に戻した。補給した水量を記録し、それをバラの吸水量とした。

培養液および水道水の窒素濃度はイオン電極法で、リン濃度はバナドモリブデン酸法、カリウム、カルシ

ウムおよびマグネシウム濃度は原子吸光分光分析法によって測定した。植物体によるこれらの栄養素の吸収量は、培養液中の栄養素収支から計算した。

培養液の pH は実験期間中に低下する傾向があったので、週に 2 回、4 N の NaOH を添加して pH 6.2 に調整した。

実験はビニルハウス内で行い、実験開始から 1991 年 4 月 30 日までは日最低気温が 15 °C になるように暖房し、その他の期間は成り行きの温度とした。また、5 月 27 日から実験終了時までには培養液を冷却して、液温が 25 °C を越えないように努めた。

結 果

切り花と摘除部および切り下部をあわせた植物体全体の生長状態をみるために、生体重の変化を第 1 図に示した。図中のシンボルマークは 4 週間間隔になっているが、実際には 1 週間ごとに測定したので、それらの間を曲線で結んである。それを 1 週間間隔で細かくみると生長速度に遅速はあるが、大まかに 4 週間間隔でみれば、冬から初夏まではほぼ直線的に生体重が増加し、7~8 月の高温期には生長速度が低下した。また生長速度には品種による差がみられ、'カールレッド' よりも 'ソニア' の生長がさかんであった。なおこの図を次の第 2 図と重ね合わせて細かくみると、生長の停滞は採花や整枝の直後に起こっていた。

第 2 図に実験期間中の累積切り花重量の変化を示した。採花は実験開始後約 2 ヶ月の 12 月末に始まった。その後冬の間は約 1.5 ヶ月ごとに採花され、3 月 6 日に整枝したために約 1.5 ヶ月休んだ後、春にはおおよそ 1 ヶ月ごとに集中して採花がみられた。その後 7 月まではさかんに、しかも連続的に採花されたが、7 月 18 日の整枝のために 8 月から 9 月中旬の切り花重量はきわめて少なかった。また、'カールレッド' よりも 'ソニア' の方が切り花収量が多く、その差は栽培期間が長くなるに従って大きくなった。

実験期間中の全生体重増加量に占める切り花、および切り花と摘除部を合わせた重量の比率は、第 3 図のように変化した。図中の上部残りの部分が切り下部、二つの曲線群の間が摘除部の重量割合である。切り花の重量割合は採花開始とともに徐々に増加し、3 月 6 日の整枝によって一時減少したが、その後はほぼ一定となり、両品種とも 41% であった。摘除部の割合も、7 月上旬までは切り花と同じように変化した。その後の高温期にはそれが高くなり、最終的には両品種ともほぼ 27% であった。

Fig. 1. Cumulative growth curves of rose plants. Fresh weight includes cut flowers, pinchings, defoliated leaves, roots, trunks, and old leaves.

Fig. 2. Cumulative weights of cut flowers of 'Sonia' (○) and 'Carl Red' (△) roses grown hydroponically.

Fig. 3. Ratio of cut flowers, excised parts and remaining parts to total plant growth on fresh weight basis. Excised parts: pinchings and defoliated leaves. Remaining parts: roots, trunks and old leaves.

Table 1. The yield and quality of cut flower.

Cultivar	Number per plant	Fresh weight (g/plant)	Grade ^z (%)				
			1	2	3	4	5
'Sonia'	80.9	1904.8	7.6	13.4	30.9	32.8	15.3
'Carl Red'	57.1	1315.8	12.9	17.3	35.4	24.1	10.3

^z 1 ≥ 60cm, 60cm > 2 ≥ 50cm, 50cm > 3 ≥ 40cm, 40cm > 4 ≥ 30cm, 30cm > 5

Fig. 4. Seasonal changes of nutrient uptake per 100 g growth on fresh weight basis.

I: 31, Oct. 1990~26, Dec. IV: 18, Apr.~12, Jun.
 II: 27, Dec.~20, Feb. 1991 V: 13, Jun.~7, Aug.
 III: 21, Feb.~17, Apr. VI: 8, Aug.~25, Sep.

切り花本数, 生体重および長さ別の割合を第1表に示した。切り花本数と重量のいずれも'ソニア'が多かった。それとは逆に, 長い切り花の占める割合は'カールレッド'で高かった。

Fig. 5. Seasonal changes of water absorption per 100 g growth on fresh weight basis.

I: 31, Oct. 1990~26, Dec. IV: 18, Apr.~12, Jun.
 II: 27, Dec.~20, Feb. 1991 V: 13, Jun.~7, Aug.
 III: 21, Feb.~17, Apr. VI: 8, Aug.~25, Sep.

第4図に8週間ごとの全生体重増加量 100 g 当たりの養分吸収量で示した。窒素吸収量は, 夏の高温期に'ソニア'で上下したが, それを除けばほぼ一定しており, 生体重増加量 100 g 当たり 0.60~0.85 g であった。その他の栄養素についてみると, カリウムとカルシウムで変動幅が比較的狭く, 生体重増加量 100 g 当たりそれぞれ 0.33~0.48 g, 0.15~0.19 g であった。リンとマグネシウムは吸収量の変動幅が広く, それぞれ 0.07~0.15 g, 0.02~0.06 g であった。

生体重増加量 100 g 当たりの吸水量を8週間ごとに分けて示すと, それは第5図のように季節により変動し, 冬から夏に向かって増加した。'ソニア'についてみると, 生体重増加量 100 g 当たりの吸水量は冬には2~3 liter と少なく, 春には4~5 liter, 夏には8~9 liter となった。'カールレッド'の吸水量は'ソニア'より多かった。

山崎(1982)に従い, 同一期間内の養分吸収量を吸水量で割って各栄養素の「みかけの吸収濃度」(以下吸収濃度)を求め, それらの濃度とそれぞれの窒素吸

Table 2. Seasonal changes of nutrient concentration absorbed by plants and their ratios to N concentration.

Season	'Sonia'					'Carl Red'				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Asorbed nutrient concentration (ppm)										
Spring ²	143.1	20.8	92.0	40.2	9.5	119.0	20.2	75.8	29.5	7.8
Summer	112.6	15.9	60.8	30.3	4.9	90.9	11.2	60.2	19.1	3.1
Fall	148.9	37.6	91.9	46.9	12.1	143.1	25.4	77.0	28.1	8.7
Winter	230.1	24.9	146.2	46.6	14.3	173.1	26.1	87.7	33.1	10.3
Average ^y	145.4	21.0	87.6	37.1	8.5	117.0	17.5	68.1	25.0	6.0
Ratio to N concentration										
Spring	100	15	64	28	7	100	17	64	25	7
Summer	100	14	54	27	4	100	12	66	21	3
Fall	100	25	62	32	8	100	18	54	20	6
Winter	100	11	64	20	6	100	15	51	19	6
Average	100	14	60	26	6	100	15	58	21	5

² Spring: 28, Feb. 1991 ~ 29, May, Summer: 30, May ~ 28, Aug., Fall: 31, Oct. 1990 ~ 28, Nov., 29, Aug. 1991 ~ 25, Sep., Winter: 29, Nov. 1990 ~ 27, Feb. 1991.

^y Total amount of absorbed nutrient was divided with the water absorbed throughout the experiment.

収濃度に対する比率を季節ごとに第2表に示した。夏にはいずれの栄養素も吸収濃度が低く、冬に高かった。'カールレッド'の吸収濃度は'ソニア'の約80%であった。窒素吸収濃度に対する他の栄養素の吸収濃度の比率は、季節と品種によって大幅に変動することはない、窒素を100とすれば、平均的にみてリンが14、カリウム60、カルシウム24、マグネシウム6であった。

考 察

バラ植物体の生体重でみた単位生長量当たりの窒素吸収量は、生長速度が低下した夏の間を除いてほぼ一定しており、生体重増加量100g当たり0.60~0.85gであった。夏にはとくに'ソニア'でそれが上下に変動した。養液栽培によるこの実験では、夏は培養液を冷却したが、実際には液温がかなり上昇し、それが窒素吸収量の変動をもたらしたのであろう。その夏の乱れが例外的なものであるとすれば、単位生長量当たりの窒素吸収量はほぼ一定であり、土耕栽培やロックウール栽培においても、たとえば1週間の生体重増加量が分かれば、その間の窒素吸収量が推定でき、そして次の週に生体重増加量100g当たり約0.70gの窒素を施与することにより、培地中の窒素濃度がほぼ一定レベルに維持できることを示している。景山ら(1987)がキクで調べたところでは、その生長速度からみた土壌中の適切な窒素濃度の幅はかなり広い。従って、窒素については、ここに述べた量を短期間のうちに補給す

る方式で施肥すれば、その不足や過剰という問題は起こらないものと思われる。

他の栄養素については、カリウムとカルシウムは単位生長量当たりの吸収量の変動幅が比較的狭く、リンとマグネシウムではそれが広がった。しかしながら、一般に培地中におけるこれらの栄養素の適切な濃度幅は窒素よりもさらに広いので、この実験で得られた値の平均の量を補給すればよいと考えられる。すなわちおおよそその数値として、生体重増加量100g当たりリンは0.10g、カリウム0.40g、カルシウム0.17g、マグネシウム0.04gとなる。

一方、全生体重増加量に占める切り花重量の比率は、採花開始後しばらくの間は低く、また整枝後も低下したが、その後は41%で一定となった。従って、採花が安定した後は、ある期間内の切り花重量からその間の全生体重増加量が推定できることになり、それは切り花重量の約2.5倍であるといえる。そして、この値と先に考察した全生体重増加量当たりの補給すべき栄養素量とから、切り花収穫量当たりの施肥量が計算できることになる。その量は、切り花1kg当たり窒素はおおよそ17.5g、リン2.5g、カリウム10.5g、カルシウム4.2g、マグネシウム1.1gである。

ただし切り花重量の割合が約40%というのは、養液栽培により、2年生苗を定植して1年間の切り上がり採花法で得られ、しかも採花が安定した後の数値で

ある。切り花収獲量から施肥量を計算して行う施肥管理法を確立するためには、土耕栽培やロックウール栽培で、アーチング法やその他の整枝法と採花法を用いたとき、あるいは定植2年目以後の栽培において、全生体重増加量に占める切り花重量の割合がどうであるかを明らかにする必要がある。また、定植してから採花が安定するまでは、切り花重量から全生体重の増加量を推定するのはむずかしいので、その間の施肥方法についても検討しなければならない。

土耕栽培などで、液肥を施しながらでも施肥と灌水を別々に行うときには、ここに述べた施肥方法が採用できる。しかしながら、いつも培養液を施して施肥と灌水を同時に行うとき、すなわち灌液方式で養水分管理をしようとすれば、各栄養素の吸収濃度を知らなければならない。

バラの季節ごとの養分吸収濃度を調べた高橋・竹田(1989)および竹田・片岡(1990)の報告によると、'リビア'、'ソニア'および'カールレッド'の養分吸収濃度は季節変動をして夏に低く、また'ソニア'と'リビア'の養分吸収濃度はほぼ等しいが、'カールレッド'のそれは'ソニア'の0.8倍であった。本実験でも養分吸収濃度は季節と品種によって変動し、これらの報告と一致した結果となった。その養分吸収濃度の変動は、主として吸水量の変化によるものであった。すなわち、単位生体重増加量当たりの吸水量が夏には冬に比べて著しく多く、そのために養分吸収濃度が低くなった。また、品種間の養分吸収濃度の違いも、主に吸水量の差により起こった。

こうして、灌液方式で養水分管理を行うときには、培養液の濃度を季節によって変えなければならないことになる。その濃度を'ソニア'についてみると、窒素は冬には230 ppm、春と秋には145 ppm、夏には110 ppm程度である。その他の栄養素は窒素に対する比率で計算すればよく、その濃度比率は先に吸収濃度の比率として述べたとおりである。

また、灌液方式での培養液の養分濃度は品種によって異なり、'カールレッド'は'ソニア'の約80%の濃度が適当である。現在、市場には約200品種のバラ切り花が流通している。灌液方式で養水分管理を行うためには、それらの品種をここに述べた養分吸収特性から幾つかのグループに分け、グループごとの養水分管理の基準を作ることが必要であろう。

摘 要

バラの切り花栽培において、切り花収量から植物体

による各栄養素の吸収量を推定し、その推定吸収量を短期間のうちに施与する施肥管理法を開発する目的で、植物体の生長量(重量増加量)と養水分吸収量との関係、および全生長量に占める切り花重量の割合を調べた。ノイバラ台に接ぎ木された'ソニア'と'カールレッド'の2年生苗を用い、約1年間にわたって養液栽培を行った。全生長量は切り花の重量、整枝などで摘除した茎葉と自然落葉(摘除部)の重量およびその他(切り下部)の重量に分けて測定した。

生長速度は、短期的には採花直後に低下するなど上下したが、長期的には夏を除いてほぼ一定であり、夏には速度が低下した。'カールレッド'よりも'ソニア'の生長速度が勝った。

全生長量に占める切り花重量の割合は、安定して採花されるようになった後にはほぼ一定となり、いずれの品種も約40%であった。

生体重増加量100 g当たりの養分吸収量は、およそ窒素は0.70 g、リン0.10 g、カリウム0.40 g、カルシウム0.17 g、マグネシウム0.04 gであった。切り花重量当たりでは、その約2.5倍であった。

'ソニア'の生体重増加量100 g当たりの吸水量は、冬は2~3 liter、春と秋は4~5 liter、夏は8~9 literであり、'カールレッド'のそれは'ソニア'よりも多かった。

各栄養素の吸収された濃度は夏に低く、冬には高かった。また、'カールレッド'の養分吸収濃度は'ソニア'の約80%であった。'ソニア'の窒素吸収濃度は、冬には230 ppm、春と秋には145 ppm、夏には110 ppm程度であり、窒素吸収濃度を100としたときのリン、カリウム、カルシウム、マグネシウムの吸収濃度は、それぞれ14, 60, 24, 6であった。

引用文献

- 林 勇. 1977. 温室床土の簡易検定における生土容積抽出法の実用化試験. 神奈川園試研報. 24: 80-91.
- 林 勇. 1980. 温室バラの隔離培地栽培に関する研究. 神奈川園試研報. 27: 52-63.
- 石田新太郎・北村信弘. 1987. バラの施設栽培における施肥法. 長崎総農林試研報. 15: 129-140.
- 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.
- 景山詳弘・小西国義. 1992. 水耕におけるリン施用量がキクの生育とリン吸収量に及ぼす影響. 園学雑. 61: 635-642.
- 景山詳弘・中川雄一・小西国義. 1993. 養液栽培におけるカリウムの施用量とキクの生育. 園学雑. 61

- : 895-900.
- 景山詳弘・島 浩二・小西国義. 1995. 養液栽培におけるカルシウムの施用レベルがキクの生育と切り花品質に及ぼす影響. 園学雑. 64 : 169-176.
- 大川 清. 1969. 温室バラの標準施肥量確定試験 (第1報). (1)採花量からみた養分吸収量. 神奈川園試昭和44年花き試験成績書. 11-14.
- Plaut, Z., N. Zieslin and I. Arnon. 1973. The influence of moisture regime on greenhouse rose production in various growth media. *Scientia Hort.* 1 : 239-250.
- Plaut, Z. and N. Zieslin. 1974. Productivity of greenhouse roses following changes in soil moisture and soil air regimes. *Scientia Hort.* 2 : 137-143.
- Plaut, Z., N. Zieslin and N. Levav. 1976. Effect of different soil moisture regimes and canopy wetting on 'Baccara' roses. *Scientia Hort.* 5 : 277-285.
- 島 浩二・景山詳弘・小西国義. 1995. 養液栽培におけるマグネシウムの施用レベルがキクの生育と切り花品質に及ぼす影響. 園学雑. 64 : 177-184.
- 高橋克征・竹田 義. 1989. 水耕栽培におけるバラの養分吸収の時期的変化. 園学雑. 58 (別2) : 460-461.
- 竹島彊二・西沢良一. 1976. 施設バラの生育, 収量ならびに体内成分におよぼす施肥量の影響について. 滋賀農試研報. 18 : 45-54.
- 竹田 義・高橋克征・中村幸男. 1988. ロックウール耕によるバラの長期安定生産技術の確立(8)吸水特性調査. 昭62京都山城園研園芸試験成績書. 107-108.
- 竹田 義・片岡光信. 1990. 水耕栽培におけるバラの養分吸収の品種間差及び $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸収特性. 園学雑. 59 (別2) : 584-585.
- 竹田 義. 1993. 切り花バラのロックウール栽培における培養液管理の問題点. 園芸学会平成5年度秋季大会シンポジウム講演要旨. 142-157.
- 山崎肯哉. 1992. 養液栽培全編. p. 34-42. 博友社. 東京.