

국화의 펄라이트 양액재배시 생육단계에 따른 양액농도의 변화가 생육과 개화에 미치는 영향

지은영 · 오 옥 · 김선화 · 김기선*
 서울대학교 농업생명과학대학 원예학과

Effects of Changes of Nutrient Solution Concentration According to Growth Stage on Growth and Flowering of Cut Chrysanthemum Grown Hydroponically in Perlite

Ji, Eun Young · Oh, Wook · Kim, Sun Hwa · Kim, Ki Sun*
 Dept. of Horticulture, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea
 * corresponding author

ABSTRACT This study was carried out to investigate the effects of changes of ionic strength according to growth stage on growth and flowering of *Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura 'Seiun' grown hydroponically in perlite. The stage I, II, and III covered early vegetative growth (27-40 days after planting), latter vegetative growth (41-54 days), and reproductive growth (55-80 days), respectively. The 2 strength (1S and 2S) of nutrient solution were treated in stage I, whereas 3 strengths (1S, 1-2S, and 2S) were treated in stage II. Then, total 9 treatments in stage III were designated by 3 treatments (tap water, 1S, and 2S) for each 3 strengths in stage II. Each nutrient solution was applied 8 times per day. At vegetative growth stage (54 days after planting), stem length was highest when irrigated 8 times a day with 1S nutrient solution. Both photosynthesis and transpiration rate were higher in 1S than those in other treatments (1-2S, 2S), whereas leaf chlorophyll content was highest in 2S treatment. Ion content of plant treated with 2S was higher than other treatments. Growth (plant height, leaf area, stem length), fresh weight, and dry weight of each plant organ after flower bud formation were better in tap water treatment (1-1-0) than other 1S treatments (1-1-1, 1-1-2). Regarding the number of days to flowering, tap water treatment was the most effective. Thus, after flower bud formation supplying tap water or lower concentration of nutrient solution than those used during the vegetative growth stage was economical in saving chemical fertilizers, shortening the number of days to flowering, reducing salt accumulation in media, saving efforts of leaching, and reducing ground water contamination.

Additional key words: *Dendranthema grandiflorum*, nutrient uptake, photosynthesis, salt stress, transpirationsalt accumulation, vegetative growth

서 언

식물체는 생육단계에 따라 흡수되는 양분의 양이나 종류가 다르다(Tolman 등, 1990). 국화의 경우, 무기양분 흡수량은 처음 한 달간은 적고 그 이후 생체중의 증가와 함께 급속히 증가하게 된다. 국화의 질소 흡수율은 생체중 곡선과 유사하게 변화하고, 고온 및 고광도 조건에서 증가하는데 비해 P, K, 그리고 Mg는 생육후기에 다량 흡수되는 경향이 있다고 보고되었다(景山, 1983; 景山 등, 1987). 국화의 생육초기에는 뿌리에서 N의 농도가 줄기보다 5배 이상으로 높다가, 그 후 줄기와 뿌리간의 N 농도가 평형을 이루고 질소 흡수와 생육이 왕성해지지만, 생육후기에 질소의 흡수가 감소하므로 화아 직경이 1.0-1.5cm일 때 시비를 멈추어야 한다고 한다(Joseph 등, 1995). 만약 화아발달기 이후에도 계속 질소를 시비하면 꽃의 품질이 떨어지고 잎이 부서지기 쉽게 된다

본 논문은 농촌진흥청 특장연구과제 지원에 의해 수행되었음.

고 하였다(Kofranek, 1992; Nell, 1985). 또한 국화는 영양생장기에 정상적인 생육과 양분흡수가 이루어졌다면 그 이후 시비를 하지 않아도 고품질의 절화를 생산할 수 있었다는 보고가 있다(Boodley와 Mayer, 1965).

작물에 따른 계절 및 생육단계별 무기양분 흡수패턴에 대한 연구는, 각 생육단계에 적합한 양분의 양과 농도를 구명하여 양분이용효율 증진과 생산비 절감 면에서 중요한 의의를 갖는다. 또한 양액재배시 폐양액의 유출을 최소화하여 비료 및 물의 손실과 환경오염을 줄이려는 필요성과 가능성이 제기되고 있다(Kimberly, 1992; Wilits와 Nelson, 1992). 따라서 본 연구는 국화의 생육단계에 따라 양액의 농도를 변화시켜 고품질 절화 국화의 품질향

Table 1. Composition of nutrient solution (PTG solution for chrysanthemum, The Netherlands) used in this experiment.

Macroelement (me/L)						Microelement (me/L)						EC ²	pH	
NO ₃	NH ₄	H ₃ PO ₄	K	Ca	Mg	SO ₄	Fe	Mn	B	Zn	Cu			Mo
12.75	1.25	3.0	7.5	5.0	2.0	2.0	3.36	1.0	0.22	0.2	0.03	0.05	1.8	6.0

²mS/cm.

상, 재배기간 단축, 그리고 비료의 절감 가능성을 타진해 보고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 연구는 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장의 2연동 플라스틱 파이프하우스에서 실시하였고 이스라엘 Netafim사에서 기술제휴한 한국형 양액공급장치(KHMC-T9)를 사용하여 양액을 공급하였다. 하우스내 온도는 27°C 이상일 때 자동으로 환기팬이 돌아 조절되었으나 생장기간동안의 평균온도는 대략 22-33°C 범위 내에 있었다(Fig. 1).

스탠다드형 하국 '정운' 품종의 삼수를 예산국화시험장에서 채취하여 삼목, 발근시킨 후 1,620주를 1996년 4월 30일 처리당 3반복으로 펄라이트로 채운 40×120×15cm 스티로폼 베드에 10×11cm간격으로 정식하였다. 정식후 활착될 때까지 5일간은 수돗물로, 그 후 7일간은 화란국화전용양액(Table 1) 1/2배액으로, 그리고 그 후 14일간은 1배액으로 관주해 주었다.

국화의 영양생장이 왕성한 4주를 2주씩 나누어 각각 stage I(정식후 27-40일)과 stage II(41-54일)로 하고, 화아형성 이후 개화기까지를 stage III(55-80일)로 하여 생육단계를 3단계로 나누었다. Stage I에는 화란국화양액 1배액과 2배액의 2가지 처리를, stage II에서는 stage I의 1배액 처리구 중 절반을 2배액으로 처리하여 1, 2 및 1-2배액의 3가지 처리를 하였다. 그 후 stage III에서는 stage II의 3가지 처리에 수돗물, 화란국화양액 1배액 또는 2배액을 각각 처리해서 최종적으로 9가지 처리를 하였다(Table 2). 농도에 상관없이 국화 1주당 0.2L를 08:00부터 1시간 30분 간격으로 1일 8회 관주하였다. 본 실험에 사용되었던 수돗물은

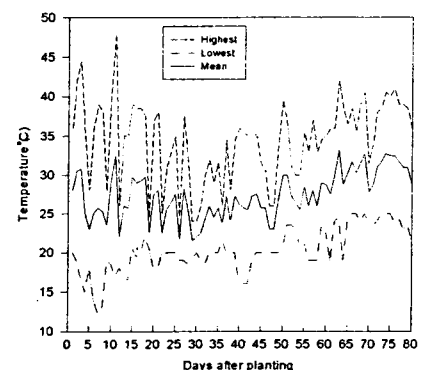


Fig. 1. The highest, lowest, and mean air temperature changes in plastic house where 'Seiun' chrysanthemums were hydroponically grown in perlite.

Table 2. Nutrient solution concentrations used at different growth stages.

Nutrient solution concentration	Growth stage		
	I (27-40) ^z	II (41-54)	III (55-80)
Treatment			
1-1-0	1S	1S	tap water
1-1-1	1S	1S	1S
1-1-2	1S	1S	2S
1-2-0	1S	2S	tap water
1-2-1	1S	2S	1S
1-2-2	1S	2S	2S
2-2-0	2S	2S	tap water
2-2-1	2S	2S	1S
2-2-2	2S	2S	2S

^zDays after planting.

분석 결과 양액재배에 적합하다고 판단되었다(Table 3).

정식후 0, 12, 26, 40, 54, 80일에 처리당 9개의 식물체를 수확하여 생육조사를 하였다. 이때 초장, 엽수, 노엽수, 경경, 엽면적등을 측정하고 다시 잎, 뿌리, 줄기, 꽃으로 나눈 후 생체중을 측정하였다. 식물체 각 부분은 48시간동안 80℃로 유지되는 건조기에서 말려 건물중을 측정하였다. 말린 시료는 Wiley mill로 분쇄하여 무기성분을 분석하였다. 전질소는 micro-kjeldahl (Model 550, GUCHI)로 분석하였다. P는 분광광도계(UV-1601, Shimadzu)로 K, Ca 및 Mg은 원자흡광광도계(Model 3300, Perkin Elmer)로 분석하였다.

정식후 50일에 10:30-14:00까지 30분 간격으로 휴대용 광합성측정장치(LI-6400, Li-Cor)를 이용하여 광합성과 증산율을 측정하였고, 광합성 측정엽의 엽록소 농도도 측정하였다. 개화일은 각 처리구내의 국화가 40% 개화한 날로 정했다. 배지내 EC와 pH는 실험 종료후 증류수와 배지를 부피비로 1:1로 하여 휴대용 pH

meter (HI-8424, Hanna, Singapore)와 EC meter (HI-8423, Hanna, Singapore)를 사용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

정식 후 80일에 생육특성을 비교한 결과(Table 4와 5), 영양생장기 동안 1배액 처리구(1-1-0, 1-1-1, 1-1-2)가 다른 처리에 비해 초장, 경경, 그리고 엽면적에 있어서 높은 값을 나타내었다. 특히 stage III에 수돗물을 처리한 양액농도 저하구(1-1-0)의 경경이 유의성은 없었으나 1배액 또는 2배액 처리구(1-1-1, 1-1-2)보다 더 큰 경향을 보였다(Table 4). 또한, 영양생장기에 1배액 처리구에서 국화 각 기관의 생체중과 건물중이 컸다(Table 5).

1배액 처리구 중 화아형성후 수돗물 처리구(1-1-0)가 다른 처리구에 비해 잎과 줄기의 생체중과 건물중이 큰 경향을 보였다. 그러나 꽃과 뿌리의 생체중과 건물중은 1배액 처리구(1-1-1)에 있어서 더 무겁고 꽃의 크기도 큰 경향을 보였다.

개화소요일수는 stage III에 수돗물

을 공급하였을 때가 74-75일로 4-5일 정도 덜 걸렸다(Table 4). 강(1995a)은 국화생산시 개화소요일수는 표준양액처리구와 비교하여 1/4배액, 1/2배액 처리구에서 각각 11일, 8일 단축되었다는 보고를 하였다. Rogers (1992)가 금어초 양액재배시 화아형성후 양액의 농도를 감소시켰을 때 금어초의 생육이 좋았고 개화소요일수도 짧아졌다고 보고한 결과는 본 실험의 결과와 유사하였다.

광합성을 측정했던 잎의 엽록소 농도는 각 처리별로 큰 차이가 없었으나 stage I 과 II에서 계속 2배액을 처리한 구(2S)에서 계속 1배액만 처리한 구(1S)에서보다 약간 많게 나타났다(Fig. 2). 광합성율과 증산율은 시기에 따라 약간씩 차이는 있었으나 전체적으로 stage I 과 II에 걸쳐 1배액과 2배액을 차례로 처리한 구(1-2S)나 계속 2배액을 처리한 구(2S) 등의 고농도 처리구보다는 계속 1배액 처리구(1S)에서 높게 나타났다(Fig. 3). 1배액 처리구에서 생육이 양호한 것은 여기에 기인한다고 할 수 있다. 오히려 갈수록 온도가 높아지면서 광합성률은 감소하는 반면, 호흡률은 증가하는 경향을 보였다. 이상의 결과는 강 등(1995b)이 국화 분무경재배시 광합성과 증산율은 1/2배액과 1배액처리가 1/4배액과 2배액보다 활발하였고, 엽록소 함량은 양액농도가 낮아질수록 감소한다고 한 보고와 유사하였다.

정식후 80일에 1-1-0 처리구에서의 total-N의 함량이 다른 처리구보다 적었지만(Table 6), 생육이 다른 처리구에 비해 좋고 양분결핍이 나타나지 않는 것으로 보아 적정함량을 유지하였다고 사료된다. 엽내 K, Ca 및 Mg 함량은 각 처리간 유의차는 거의 없었고, P의 경우에는 생육후기에 고농도로 처리하였을 때 오히려 흡수량이 줄어드는 경향을 보였다(Table 6). 그러나 1-1-0 처리구에서도 정상적인 생육과 개화가 일어났으므로 양액의 농도를 높였을 때에는 오히려 사치흡수가 일어

Table 3. pH, EC, and ion concentration of the tap water used in the experiment and acceptable range of water quality for hydroponic culture.

	Macroelement (ppm)							Microelement (ppm)						EC (mS/cm)	pH
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo		
Measured	41	3	1	11	7	5	11	28	5	21	39	5	3	0.3	6.8
Range	60	-	30	80	80	40	-	10	-	-	-	-	-	≤0.3	5.0-7.0

Table 4. Effects of changes in nutrient solution concentration by growth stage on growth of 'Seiun' chrysanthemum grown hydroponically in perlite at 80 days after planting.

Stage	Nutrient solution concentration			Stem length (cm)	No. of leaves	No. of yellowing leaves	Stem diameter (mm)	Leaf area (cm ²)	Root length (cm)	Days to flowering
	I ^z	II	III							
1	1	0		82.1 a ^y	29.5 abc	1.3 ab	7.9 a	1762.0 ab	19.9 ab	74.0 b
1	1	1		82.6 a	29.5 abc	0.9 ab	7.8 ab	1548.9 abc	20.5 ab	78.0 a
1	1	2		81.8 ab	29.3 abc	1.4 ab	7.3 bc	1940.5 a	20.5 ab	79.0 a
1	2	0		80.4 ab	30.4 ab	1.0 ab	7.2 c	1426.8 bc	17.0 b	75.0 b
1	2	1		79.6 abc	27.9 bc	0.9 ab	6.9 cd	1307.9 bc	20.3 ab	77.0 a
1	2	2		78.2 bcd	26.1 c	2.1 b	6.5 d	1173.9 c	19.5 ab	80.0 a
2	2	0		76.2 cd	28.3 bc	0.5 a	7.0 cd	1486.0 abc	21.7 a	75.0 b
2	2	1		76.4 cd	30.6 ab	1.1 ab	6.9 cd	1427.9 bc	19.9 ab	80.0 a
2	2	2		75.8 d	32.3 a	1.1 ab	6.9 cd	1394.8 bc	22.1 a	79.0 a

^zStage I: 26~40 days ; Stage II: 41~54 days ; Stage III: 55~80 days after planting.

^yMeans followed by different letters within columns are significantly different by DMRT, P=0.05.

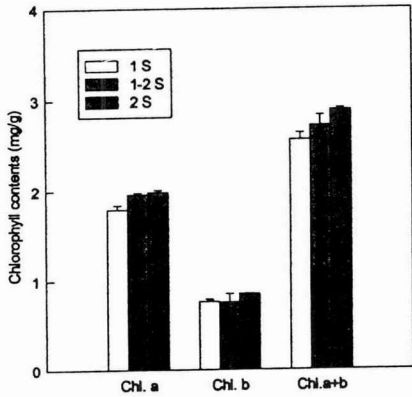


Fig. 2. Chlorophyll contents of chrysanthemum leaf as influenced by different nutrient solution concentration.

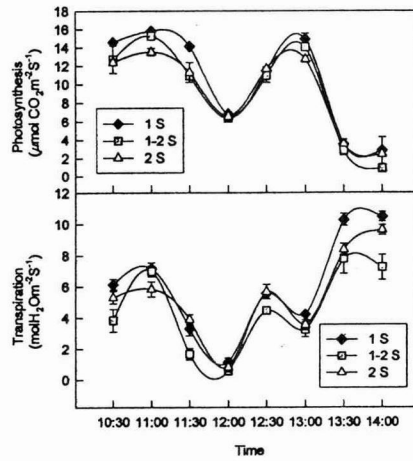


Fig. 3. Photosynthesis and transpiration rate change in chrysanthemum as influenced by different nutrient solution concentration.

날 수 있음을 암시하였다.

여기서 한 가지 주목할 것은 실험 종료 후 고농도 처리구의 배지내 전기전도도(EC)가 높았다(자료 게재 안함)는 사실이다. 이것은 국화를 사경과 토경에서 재배했을 때 실험 종료시 처리된 양액농도가 높을수록 배지내 EC 값이 높았다는 보고(石田 등, 1981)와 일치하였다. 따라서 2배액 처리구의 생육이 좋지 않았던 것은

염류축적으로 인한 스트레스의 결과라고 사료된다. Urban 등(1994)은 배수된 양액의 EC가 3.8 mS/cm일 때 rockwool 경에서 재배한 장미에 해가 나타났다고 보고하였다. 배지내 양분농도가 높아지는 원인은 식물체가 공급된 양액보다 낮은 농도로 양액을 흡수하기 때문이다. 즉 주어진 양액에서 무기원소보다 수분을 더 높은 비율로 흡수하기 때문에 배지내 무기원소

가 축적되는 것이다. 이러한 현상은 공급되는 양액의 농도가 식물체의 양분요구에 비해 높거나 증산량이 활발할 때 더욱 뚜렷이 나타나게 된다. 근권부 양분농도가 높아지면 양수분 흡수의 불균형이나 이온간 흡수의 불균형이 일어난다. Hershey와 Paul(1992)은 국화재배시 근권 배지에서 용탈된 N농도는 정식 간격과 공급된 양액농도에 의해 영향받는다라는 보고를 한 바 있다. 그들은 또한 고농도의 양액을 공급했을 때보다 낮은 농도로 공급했을 때 용탈된 N의 양이 적었다고 하였고, N농도는 시간이 지남에 따라서 증가하고 높아졌다고 보고하였다. 이 문제를 해결하기 위해 보통 저농도의 양액 또는 물로 용탈시킨다. Bierman 등(1990) 및 Dole과 Wilkins(1990)도 피트모스 배지에 14 molN/m³을 공급받는 poinsettia에 일주일에 한번씩 수돗물을 관주했을 때 배지내 양액의 농도가 적당히 유지되었다고 보고하였다.

따라서 화아형성기 이후 영양생장기보다 저농도의 양액 또는 수돗물 처리가 배지내 적정 양분농도를 유지하여 생육을 좋게 하고 개화소요일수도 단축시킬 수 있었다. 그리고 양액의 농도를 낮춤으로써 화학 비료염 절약, 배지내 염축적 감소, 염류 용탈을 위한 노력 절감, 지하수 오염 감소 등의 경제적, 환경적 이점이 있다. 그리고 앞으로는 생육단계별로 식물체의 요구에 맞

Table 5. Effects of changes in nutrient solution concentration by growth stage on fresh and dry weights of 'Seiun' chrysanthemum grown hydroponically in perlite at 80 days after planting.

Nutrient solution concentration			Fresh weight (g)					Dry weight (g)					
Stage	I ²	II	III	Leaf	Stem	Flower	Root	Total	Leaf	Stem	Flower	Root	Total
1	1	0		78.1a ^y	34.7a	10.3ab	9.2ab	132.3a	10.5a	10.3a	2.4ab	1.5ab	24.7a
1	1	1		67.2ab	33.8a	12.3a	11.9a	125.2a	8.5abcd	10.0ab	2.7a	1.7a	22.9a
1	1	2		66.4ab	31.7ab	9.0ab	9.8ab	116.9ab	8.9ab	9.4abc	2.3ab	1.4ab	22.0a
1	2	0		58.8bc	28.1bc	10.5ab	7.9b	105.3b	7.6bcd	8.4bcd	1.9b	1.6ab	19.5ab
1	2	1		56.1bc	28.2bc	11.8ab	9.0ab	105.1b	6.7d	7.9cd	1.9b	1.5ab	18.0b
1	2	2		49.6c	25.3c	9.0b	7.0b	90.9c	6.7cd	7.2d	1.7b	1.3ab	16.9b
2	2	0		62.3bc	28.0bc	11.9ab	9.1ab	111.3b	7.6bcd	8.4bcd	2.2ab	1.6ab	19.8ab
2	2	1		63.1bc	28.1bc	10.4ab	8.5b	110.1b	8.8abc	8.3bcd	1.9b	1.5ab	20.5ab
2	2	2		67.0ab	25.8c	9.5ab	9.2ab	111.5b	7.6bcd	7.4d	2.0b	1.3b	18.3b

²I: 26~40 days; Stage II: 41~54 days; Stage III: 55~80 days after planting.

^yMeans followed by different letters within columns are significantly different by DMRT, P=0.05.

Table 6. Effects of changes in nutrient solution concentration by growth stage on mineral contents in leaves of 'Seiun' chrysanthemum grown hydroponically in perlite at 80 days after planting.

Nutrient solution concentration			Mineral content (%) ^z					
Stage	I ^y	II	III	Total-N	P	K	Ca	Mg
1	1	0		2.83 b ^x	0.525 a	3.94 a	2.78 a	0.27 ab
1	1	1		3.30 a	0.473 abc	3.48 ab	2.79 a	0.26 b
1	1	2		3.24 ab	0.478 abc	3.57 ab	2.78 a	0.27 ab
1	2	0		3.35 a	0.517 ab	3.58 ab	2.57 a	0.28 ab
1	2	1		3.68 a	0.511 abc	3.43 ab	2.87 a	0.27 ab
1	2	2		3.43 a	0.426 c	3.72 a	2.93 a	0.30 a
2	2	0		3.32 a	0.432 bc	3.13 b	2.57 a	0.27 ab
2	2	1		3.51 a	0.481 abc	3.79 a	2.88 a	0.27 ab
2	2	2		3.30 a	0.484 abc	3.58 ab	2.80 a	0.30 a

^zBased on dry weight.

^yStage I: 26~40 days; Stage II: 41~54 days; Stage III: 55~80 days after planting.

^xMeans followed by different letters within columns are significantly different by DMRT, P=0.05.

는 양액조성을 구명하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

초 록

국화의 생육단계별 적정 양액농도를 구명하기 위해 국화의 생육단계를 영양생장기 2단계와 생식생장기 1단계, 즉 3단계로 나누어 양액농도를 처리한 결과, 영양생장기에서는 1배액에서 초장이 가장 길었고, 광합성과 증산량도 가장 높았다. 그러나 엽내 염록소 농도는 양액의 농도가 높을수록 컸다. 화아형성이후, 생육(초장, 엽면적, 경경)과 각 기관별 생체중, 건물중에서도 1배액처리구가 좋았으며, 특히 화아형성이후 수돗물 관수에 의해서도 1배액과 비슷하거나 오히려 더 좋게 나타났다. 그리고 수돗물 관주처리에서 개화소요일수가 짧았다. 이와 같은 결과는 양액의 관주농도가 높을수록 배지내 염류집적으로 식물체가 스트레스를 받은 것으로 사료된다. 국화의 생육단계별로, 초기 활착기까지는 1/2배액으로 한 후 생육이 왕성한 영양생장기에는 1배액으로, 화아형성 이후에는 양액의 농도를 줄이는 것이 국화 양액재배시 비료염의 절약, 개화소요일수 단축, 배지내 비료염 축적의 감소, 지하수 오염의 감소 등 경제적이고 환경친화적인 방법이라고 사료된다.

추가주요어 : *Dendranthema grandiflorum*, 양분 흡수, 염류 집적, 영양생장, 염류 스트레스, 광합성, 증산

인용문헌

Bierman, P.M., C.J. Rosen, and H.F.

- Wilkins. 1990. Leaf edge burn and axillary shoot growth of vegetative poinsettia plants: Influence of calcium, nitrogen form, and molybdenum. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:73-78.
- Boodley, J.W. and M. Mayer. 1965. The nutrient content of 'Bonnaffon Delux' chrysanthemums from juvenile to mature growth. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 87:472-478.
- Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 1990. Relationship between nodal position and plant age on the nutrient composition of vegetative poinsettia leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:248-252.
- Hershey, D.R. and J.L. Paul. 1982. Leaching-losses of nitrogen from pot chrysanthemum with controlled-release or liquid fertilization. *Sci. Hort.* 17:145-152.
- 石田 明, 増井正夫, 重岡廣男. 1981. 秋ギクの生育と日持ちに及ぼす培養液濃度の影響. *園學雜* 50(1):86-91.
- Joseph, J.K., A.P. Lloyd, and P.S. Dennis. 1995. Ammonium and nitrate uptake through development of *Dendranthema grandiflora*. *HortScience* 30(3):499-503.
- 강종구, 서범석, 정순주. 1995a. 양액의 이온농도가 분무경재배 국화의 성장과 발육에 미치는 영향. *한원지* 36(1):83-89.
- 강종구, 손정금, 박화성, 정순주. 1995b. 토경, 분무경 및 박막순환식 재배가 국화의 성장과 개화에 미치는 영향. *한원지* 36(5):747-754.
- Kimberly, A.W. 1992. Growth of chrysanthemum at low, relatively steady nutrient levels in a commercial-style substrate. *HortScience* 27(8):877-880.
- Kofranek, A.M. 1992. Cut chrysanthemum. p.5-42. In: R.A. Larson (ed.). *Introduction to floriculture*. 2nd Ed. Academic Press, Inc., San Diego.
- Nell, T.A. 1985. Nitrate-ammonium nitrogen ratio and fertilizer application method influence bract necrosis and growth of poinsettia. *HortScience* 20:1130-1131.
- Rogers, M.N. 1992. Snapdragon. p.93-112. In: R.A. Larson (ed.). *Introduction to floriculture*. 2nd Ed. Academic Press, Inc., San Diego.
- Tolman, D.A., A.X. Niemiera, and R.D. Wright. 1990. Influence of plant age on nutrient absorption for marigold seedlings. *HortScience* 25:1612-1613.
- Urban, L., R. Brun, and P. Pyrrha. 1994. Water relations of leaves of 'Sonia' rose plants grown in soilless greenhouse conditions. *HortScience* 29(6):627-630.
- Wiliits, D.H. and P.V. Nelson. 1992. Modeling nutrient uptake in chrysanthemum as a function of growth rate. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(5):769-774.
- 景山伴弘. 1983. 花卉生産における營養管理のシステム化. (第1報) *園學要旨* 5:310-311.
- 景山詳弘, 島 浩二, 小西國義. 1987. 窒素濃度がギクの初期生育に及ぼす影響. *園學雜* 56(1):79-85.