

# 개미취, 감국 및 털머위 생육에 미치는 양액내 질소원의 영향

조연희 · 박은아 · 장매희\*

서울여자대학교 환경생명과학부

## Effects of Nitrogen Form of Nutrient Solution on the Growth of *Aster tataricus*, *Chrysanthemum boreale*, and *Farfugium japonicum*

Yeon-Hee Cho, Eun-Ah Park, Mae-Hee Chiang\*

Division of Environment & Life Science, Seoul Women's University, Seoul 139-770, Korea

\*corresponding author

**ABSTRACT** This experiment was carried out to investigate the effect of nitrogen form in the Hoagland nutrient solution on the growth of *Farfugium japonicum*, *Aster tataricus* and *Chrysanthemum boreale*. The nitrogen form of Hoagland nutrient solution was modified to  $\text{NH}_4^+$  (100%),  $\text{NO}_3^-$  (100%), and  $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  (50% + 5%) for this study. In the treatment of  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  (1:1), *F. japonicum* showed the best growth, especially in fresh weight. With the treatment of  $\text{NO}_3^-$ , shoot and root fresh weight of *A. tataricus* and *C. boreale* were increased. The activity of nitrate reductase and the concentration of chlorophyll and nitrate were increased with  $\text{NO}_3^-$  treatment in all these plants.

**Additional key words:** chlorophyll, nitrate reductase, nitrogen concentration

### 서 언

수경재배시 공통적으로 가장 많이 공급되는 무기요소 중 질소는 질산태 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ )와 암모늄태 질소( $\text{NH}_4\text{-N}$ )를 혼합하여 공급하고 있으나(Below, 1995), 식물에 따라 선호하는 질소원의 흡수형태가 다르다. 대체로  $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 식물의 생육에 보다 잘 이용되는 형태이며,  $\text{NH}_4\text{-N}$ 와  $\text{NO}_3\text{-N}$ 를 각각 단용 사용하는 것보다 두 형태가 공존할 때 흡수율이 높게 나타난다고 알려지고 있으나 작물의 종류에 따라서는  $\text{NH}_4\text{-N}$  또는  $\text{NO}_3\text{-N}$ 를 단용하는 것이 더 효과적인 것도 있다(윤 등, 1979). 한편 자생 허브식물에 대한 관심과 관상용 허브 식물의 개발 상품화에 대한 수요가 최근 급증하고 있으나 이들 식물의 재배기술에 관한 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 실험에서는 자생 허브식물인 털머위, 개미취 및 감국의 수경재배시 배양액내 질소원이 생육에 미치는 영향을 조사하여 이들 식물의 재배법을 확립하기 위한 기초자료를 얻고자 실시하였다.

### 재료 및 방법

개미취(*Aster tataricus*), 감국(*Chrysanthemum boreale*) 및 털머위(*Farfugium japonicum*)의 삼목묘를 이용하여 NFT(박막수경법) 방식으로 수경재배를 실시하였다. 배양액의 질소농도는 10mM이

되도록 하였고,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와  $\text{NH}_4\text{-N}$  단용 처리,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와  $\text{NH}_4\text{-N}$  혼용처리 (1:1)등 3처리로 하였다. 실험에 이용된 양액은 Hoagland 양액의 조성을 변형하였다(이 등, 1997). 배양액의 EC(electrical conductivity)는 1.5~2.0mS/cm로, pH는 5.0~6.0으로 조절하여 10~15일 간격으로 배양액을 교체하였다. 실험은 주간 평균기온이 20~25℃되는 비닐 하우스에서 실시하였으며, 63일간 재배한 후 생체중, 초장, 엽수, 엽장, 엽폭, 근장, 생체중 및 건물중을 측정하였고, 식물체내 엽록소와 질산염 함량을 조사하였다. Nitrate reductase(NR)활성은 잎과 뿌리 0.5g씩을 5mL의 0.1M Naphosphate buffer(pH 7.5), 0.02M  $\text{KNO}_3$ , 5% propanol 혼합액에 넣고 25℃ 암소에서 5시간 반응시켰다(Jaworski, 1971). 이 반응액 0.4mL에 3N HCl에 용해된 1% sulfanilamide와 0.02% n-1-naphthyl-ethylenediamine hydrochloride를 각각 0.3mL씩 넣고 20분간 발색시킨 후에 증류수 4mL를 넣어 540nm에서 흡광도(Milton Roy, Spectronic 1201, New York)를 측정하여  $\text{NaNO}_3$  표준곡선과 비교하였다.

### 결과 및 고찰

식물의 성장과 발달에 가장 중요한 역할을 담당하는 질소는 근계에서 흡수되어 단백질, 핵산, 엽록소 및 생장조절물질 등의 질소화

합물 합성에 이용된다(Below, 1995; 이 등, 1997). 질소의 형태를  $\text{NH}_4\text{-N}$  단용 등 3종류로 처리한 결과 털머위의 생육은  $\text{NH}_4\text{-N}$ 와  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 혼용처리와  $\text{NO}_3\text{-N}$  단용처리에서 엽장, 엽폭이 증가하였고, 생체중도 높게 나타났다(Table 1). 이와 같이 질소원을  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와  $\text{NH}_4\text{-N}$ 를 혼합 공급하는 것이 유리한 이유는  $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 배양액 내 pH를 높이고,  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 낮추기 때문이며(Martin 등, 1977),  $\text{NO}_3\text{-N}$  또는  $\text{NH}_4\text{-N}$  어느 한쪽으로부터 과다하게 처리할 경우 배양액 내 적정 pH가 유지되지 않기 때문이다. Minotti 등(1969)은 소맥의 어린 식물에 있어서는  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 공급이  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 흡수를 줄였으며  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 흡수 감량은  $\text{NH}_4\text{-N}$ 로 보충되는 것보다 더 많다고 하였다.

질소처리에 따른 개미취의 생육비교 결과는 Table 2와 같다.  $\text{NO}_3\text{-N}$  단용 처리구는 1/2배  $\text{NO}_3\text{-N}$  단용 처리구와 생육차이는 거의 없었으며, 이들 처리구는 대조구에 비해 엽수, 엽장, 엽폭, 측지수 및 근장이 증가하였으며 잎과 뿌리의 생체중도 뚜렷하게 증가하였다. 이와 같은 결과로 볼 때 개미취는 질소의 절대 공급량보다는 질소의 형태가 더욱 중요한 요인으로 작용하는 것으로 생각되었다. 감국도 개미취와 같은 경향으로  $\text{NO}_3\text{-N}$  단용구에서 초장이 현저히

증가하였고, 엽수, 엽폭의 증가와 아울러 근장도 훨씬 길었다(Table 3). 그리고 잎과 뿌리의 생체중도 증가하였으며, 1/2배  $\text{NO}_3\text{-N}$  단용처리구의 생육도  $\text{NO}_3\text{-N}$  단용구와 유사한 성장결과를 나타냈다. *Glycine max*는 성장하는데  $\text{NH}_4\text{-N}$ 을 요구하나 *Haplo-pappus gracilis*는  $\text{NH}_4\text{-N}$ 에 의해서 억제된다(Sargent와 King, 1974). 포인세티아는  $\text{NH}_4\text{-N}$  흡수 증가로 전환원 질소량이 증가되고, 질소 결핍증상을 방지하여 하위엽과 뿌리에  $\text{NH}_4\text{-N}$ 를 축적시키나 양액내  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 공급량이 많아짐에 따라  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 흡수가 억제되어 잎 중간이 황화되고 가장자리가 고사되며, 신초와 뿌리의 건물중도 감소하고 근발생 또한 불량하였다고 한다(Douglas와 Seeley, 1984). 본 실험에서는 털머위는  $\text{NH}_4\text{-N}$ 와  $\text{NO}_3\text{-N}$  혼용과  $\text{NO}_3\text{-N}$  단용처리구에서 생육이 양호한 결과를 나타냈으나 감국과 개미취는  $\text{NO}_3\text{-N}$  단용 처리구의 생육이 우수하여 질소원 유형에 따른 선호도가 다르게 나타났다.

질소의 흡수는 체내 질소 또는 탄수화물 함량과 같은 내부요인과 온도, 산소수준, 근권의 pH 같은 외부요인에 따라 변화한다. 질산태 질소 공급에 의해 흡수된 질산염은 뿌리세포의 액포에 축적되거나 잎으로 수송되어 nitrate reductase나 nitrite reductase에 의해

**Table 1.** The effect of nitrogen form in nutrient solution on the growth of *Farfugium japonicum*.

Treatment	Leaf no.	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g/100g FW)	
					Top	Root	Top	Root
$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (control)	3.33a <sup>2</sup>	4.30a	5.16a	16.3b	2.36a	1.64a	12	10
$\text{NO}_3^-$	3.33a	4.16a	4.53a	14.8b	2.08a	1.10ab	12	9
$\text{NH}_4^+$	2.66b	3.26b	4.36a	21.0a	1.19b	1.48ab	5	4
$0.5\times\text{NO}_3^-$	3.33a	3.86ab	4.30a	16.7b	2.13a	0.96b	12	10

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p\leq 0.05$ .

**Table 2.** The effect of nitrogen form in nutrient solution on the growth of *Aster tataricus*.

Treatment	Leaf no.	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Root length (cm)	Lateral shoot no.	Fresh weight (g)		Dry weight (g/100g FW)	
						Top	Root	Top	Root
$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (control)	8.03a <sup>2</sup>	5.33a	2.76b	9.35a	4.00a	1.31b	2.43b	10	12
$\text{NO}_3^-$	10.86a	6.67a	3.71a	12.17a	4.00a	2.51a	4.64a	19	15
$\text{NH}_4^+$	7.71a	5.71a	3.43ab	11.64a	2.86a	1.87ab	2.61b	7	11
$0.5\times\text{NO}_3^-$	11.43a	6.74a	3.11ab	10.16a	4.86a	2.39ab	3.68ab	14	13

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p\leq 0.05$ .

**Table 3.** The effect of nitrogen form in nutrient solution on the growth of *Chrysanthemum boreale*.

Treatment	Leaf no.	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Root length (cm)	Lateral shoot no.	Plant length (cm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g/100g FW)	
							Top	Root	Top	Root
$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (control)	16.2b <sup>2</sup>	5.00a	3.47b	15.1b	6.71b	12.9b	3.14b	0.71b	8.5	15.0
$\text{NO}_3^-$	23.2a	5.41a	5.04a	24.3a	6.63b	27.2a	8.24a	2.21a	8.2	8.5
$\text{NH}_4^+$	16.1b	4.56a	3.76b	13.8b	11.00ab	12.7b	2.86b	0.70b	8.0	9.0
$0.5\times\text{NO}_3^-$	24.7a	4.30a	3.89b	18.3b	20.14a	18.5b	6.41b	1.04b	8.5	8.0

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p\leq 0.05$ .

**Table 4.** The effect of nitrogen form in nutrient solution on the chlorophyll and nitrate contents of *Farfugium japonicum*, *Aster tataricus*, *Chrysanthemum boreale*.

Treatment	<i>Farfugium japonicum</i>		<i>Aster tataricus</i>		<i>Chrysanthemum boreale</i>	
	Chlorophyll (mg/100mgFW)	Nitrate (mg/gFW)	Chlorophyll (mg/100mgFW)	Nitrate (mg/gFW)	Chlorophyll (mg/100mgFW)	Nitrate (mg/gFW)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (control)	5.11ab <sup>z</sup>	1.80b	10.27ab	3.93c	10.74a	3.14b
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5.45a	4.55a	12.98ab	10.65a	13.86a	10.27a
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3.65c	0.10c	5.92b	1.08d	11.66a	1.66c
0.5×NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4.62b	3.69a	13.62a	5.60b	4.73b	9.92a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at p≤0.05.

**Table 5.** The effect of nitrogen form in nutrient solution on the nitrate reductase activity of *Farfugium japonicum*, *Aster tataricus*, *Chrysanthemum boreale*.

(μM/gFW/hr)

Treatment	<i>Farfugium japonicum</i>		<i>Aster tataricus</i>		<i>Chrysanthemum boreale</i>	
	Leaf	Root	Leaf	Root	Leaf	Root
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (control)	1.63c <sup>z</sup>	6.70b	4.49b	1.51a	8.68ab	2.29ab
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7.75a	12.70a	6.72b	0.01b	11.66a	4.29a
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3.01bc	2.82c	4.41b	0.06b	6.15bc	0.74b
0.5×NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5.49ab	10.72a	11.02a	0.01b	4.43c	4.27a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at p≤0.05.

암모늄으로 환원된다. 환원된 암모니아는 체내에 과잉상태로 축적되지 않으나 축적되면 비교적 낮은 농도에서도 독성을 보인다 (Magalhaes 등, 1995). 질소의 형태에 따른 개미취 등 3작물의 엽록소 및 질산염 함량 변화는 Table 4와 같다. 엽록소의 함량은 NO<sub>3</sub>-N 단용 처리구에서 높았으며, 생육이 억제되었던 NH<sub>4</sub>-N 단용 처리구에서 낮았는데, 질산염 함량도 유사한 경향을 나타내었다. 이는 생육이 왕성하였던 결과와 관련지어 생각해 볼 때 광합성을 비롯한 대사 작용을 활발하게 유도한 것으로 추측되었다. NR 활성은 개미취, 감국 및 털머위 모두 NO<sub>3</sub>-N 단용 처리구에서 높은 경향이였다(Table 5). 이렇게 NH<sub>4</sub>-N가 NR 활성을 저하시킨다는 결과를 다른 연구자들도 보고하였으며, 담배, 대두, 나팔꽃 등의 고등식물에서는 NO<sub>3</sub>-N에 의해서 NR이 유도됨을 보여 주었다 (Nelson 등, 1984; Zielke와 Filner, 1971; Zink, 1982). Wakhloo와 Staudt(1988)에 의하면 담배의 NR 활성은 조직의 노화에 크게 좌우된다고 하였으며, Moon 등(1991)도 하위엽으로 내려갈수록, 엽령이 많은 것일수록 NR 활성이 낮다고 보고하였다. 본 실험에서도 생육이 왕성할 수록 NR 활성이 증가되는 경향이였다. 그러나 이러한 결과는 생육단계와 환경조건에 따라 흡수 양상 등이 달라질 것으로 예상되므로, 다양한 포장의 환경조건에 대처하기 위해서 생육환경 및 생육 단계별 질소 흡수 유형을 보다 상세히 밝히는 실험이 추가로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

## 초 록

개미취, 감국, 털머위의 양액재배시 질소원의 종류별 생육특성을

조사하기 위하여 배양액의 질소를 NH<sub>4</sub>-N과 NO<sub>3</sub>-N 단용, NH<sub>4</sub>-N와 NO<sub>3</sub>-N을 1:1로 혼용하여 처리하였다. 털머위는 NH<sub>4</sub>-N와 NO<sub>3</sub>-N의 혼용처리와 NO<sub>3</sub>-N 단용처리에서 생육이 우수하고 생체중도 높았다. 개미취와 감국은 NO<sub>3</sub>-N 단용 처리에서 생육이 양호하였고, 지상부와 지하부의 생체중이 증가하였다. 질산환원효소(NR) 활성은 세 작물 모두 NO<sub>3</sub>-N 단용 처리에서 높았으며, 식물체내 엽록소와 질산염의 함량도 NO<sub>3</sub>-N 처리구에서 높았다.

추가 주요어 : 엽록소, 질산환원효소, 질소농도, 질소형태

## 인용문헌

- Below, F.E. 1995. Nitrogen metabolism and crop productivity, p. 275-301. In: M. Pessarakli (ed.). Handbook of plant crop physiology. Marcel Dekker, New York.
- Douglas, A.C. and G. Seeley. 1984. Ammonium injury to poinsettia: Effect of NH<sub>4</sub>-N : NO<sub>3</sub>-N ratio and pH control in solution culture on growth, N absorption and N utilization. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(1):57-62.
- Jaworski, E.G. 1971. Nitrate reductase assay in intact plant tissue. Bioche. and Biophys. Res. Comm. 43(8):1274-1279.
- 이상각, 심상인, 강병화, 배길관. 1997. 담배에서 질소 형태에 따른 흡수 양상 및 생장과 질소대사 효소의 활성 변화. 한작지 42(5):515-521.
- Magalhaes, J.R., D.M. Huber, and C.Y. Tasi. 1995. Influence of the form of nitrogen on ammonium, amino acids and N-assimilating

- enzyme activity in maize genotypes. *J. Plant Nutr.* 18(4):747-763.
- Martin, S.M., D. Rose, and V. Hul. 1977. Growth of plant cell suspension cultures with ammonium as the sole source of nitrogen. *Can. J. Bot.* 55:2838-2843.
- Minotti, P.L., D.L. Williams, and W.A. Jackson. 1969. Nitrate uptake by wheat as influenced by ammonium and other cations. *Crop Sci.* 9:9-14.
- Moon, C.H., G.C. Chung, and S.H. Ha. 1991. Effect of light and nitrate on the nitrate reductase activity in cucumber plants. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 32(2):157-162.
- Nelson, R.S., M.E. Horn, J.E. Harper, and J. Widholm. 1984. Nitrate reductase activity and nitrogenous gas evolution from heterotrophic, photomixotrophic, and photoautotrophic soybean suspension cultures. *Plant Sci. Lett.* 34:145-152.
- Sargent, P.A. and J. King. 1974. Investigation of growth promotion factors in conditioned soybean root cells and in the liquid medium in which they grow : ammonium, glutamine and amino acids. *Can. J. Bot.* 52:1747-1755.
- Wakhloo, J.L. and A. Staudt. 1988. Development of nitrate reductase activity in expanding leaves of *Nicotiana tabaccum* in relation to the concentration of nitrate and potassium. *Plant Physiol.* 87:258-263.
- 윤경은, 김준철, 민태기, 손세호, 강서규. 1979. 담배세포(*Nicotiana tabaccum*)의 액체배양에 관한 연구. *한국연초연구소* 1:1-8.
- Zielke, H.R. and P. Filner. 1971. Synthesis and turnover of nitrate reductase induced by nitrate in cultured tobacco cells. *J. Biol. Chem.* 246:1772-1779.
- Zink, M.W. 1982. Regulation of nitrate reductase by various nitrogen source in cultured *Ipomoea* sp. *Can. J. Bot.* 60:386-396.