

방울토마토 담액재배시 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 농도에 기초한 배양액 조절¹⁾

이문정 · 김성은 · 김영식
상명대학교 원예학과

Management of Nutrient Solution Based on $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ Concentration in Deep Flow Culture of Cherry Tomato

Lee, Moon Jung · Kim, Sung Eun · Kim, Young Shik
Dept. of Horticulture, Sangmyung Univ., Chonan 330-180, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ on pH stabilization in deep flow culture system using tap water, and to determine the optimum range of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ in culture solution. The pH of tap water is 7.5. The higher the concentration of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ was, the more the pH of nutrient solution was decreased. In $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 4/3~5/3 me/ℓ, the pH of nutrient solution was 6~7.5 during the experiment. The highest brix(%) was obtained in $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 5/3~6/3 me/ℓ. Leaf length, leaf width and stem-base diameter were highest in $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 2/3 me/ℓ. The L and b* values were highest and the a* value was lowest in $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 8/3 me/ℓ. Toxicity symptom of ammonium appeared in $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 8/3 me/ℓ. It suggests that there was the relationship between leaf color and growth condition. It was concluded that $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 2/3 me/ℓ was good before harvest stage and $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 5/3~6/3 me/ℓ at harvest stage.

키 워 드 : 수경재배, 담액수경, 방울토마토, 인산암모늄, 배양액

Key words : hydroponics, deep flow culture, cherry tomato, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, nutrient solution

서 론

현재 배양액에 관한 연구는 대부분 배양액의 조성이나 농도를 정해놓고 이를 일정기간 공급하는 것을 기본으로 하고 있다. 그러나 순환식 수경재배에서는 다량의 배양액이 순환

계에 있어서, 배양액의 조성이나 농도를 정해 놓고 일정기간 공급하면 이전의 연구^{3,4)}에서도 볼 수 있듯이 배양액의 pH와 EC의 변화가 생긴다. Ikeda 등⁵⁾이 보고한 바와 같이 토마토는 질소중 NO_3 형태의 질소를 선호해서 배양액 내 NO_3 가 있으면 소량이라 하더라도 이를 먼

¹⁾ 본 연구는 1995년도 농촌진흥청 농업 특정연구 개발과제에 의해 수행되었음.

저 흡수하려는 경향이 있다. 배양액의 공급은 재배개시시에 다량 공급하고 그 이후에는 부족한 양만큼을 공급하게 되는데 시작배양액과 추가배양액의 조성이 같다 할지라도 시작배양액내에는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 많고, 추가배양액내에는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 적다. 따라서 재배기간중에 pH의 변화양상이 다르게 나타나는 것이다. 이러한 현상을 피하기 위하여 이온의 총량을 기초로 하여 추가배양액의 이온조성을 조정하여 공급하므로써 배양액의 pH를 안정하게 유지할 수 있을 것으로 추측한다. 즉, 시작배양액은 재배 시작할 때에 적절한 조성으로 하고, 추가배양액은 식물이 흡수한 양분을 공급하는 것이 바람직하다. 본 연구는 토마토의 담액수경재배시 기존에 가장 안정된다고 알려져 있는 야마자키 배양액을 기초로 수돗물을 사용할 때 추가배양액의 적정 조성을 구명하기 위하여 행해졌다.

재료 및 방법

본 실험은 상명대학교 원예학과 수경재배전용 유리온실에서 실행하였다. 'Minicarol' (Sakata 종묘, 일본) 방울토마토를 공시작물로 하여 실험하였다. 재배방식은 담액수경 방식으로 하고 배양액조성은 Yamazaki 토마토용 배양액을 사용하였다. 종자는 하루동안 침지하였다가 1995년 3월 23일에 폴리우레탄 스폰지 (2cm × 2cm × 2cm)에 파종하였다. 3월 31일에 본엽이 나온 묘를 육묘상에 이식하고, 1/2배의 Yamazaki 토마토용 배양액을 넣어주고 순환시켰다. 4월 3일에 본엽 1.3매의 묘를 직경 9cm의 망상 plastic pot에 옮기고 주위를 자갈로 채운 후 육묘 bed에 이식하고 1/2배의 Yamazaki 배양액 20 l를 추가공급하였다.

1차 실험은 시작배양액을 Yamazaki 토마토용 배양액($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 2/3 me/l)으로 하여 100 l를 공급하였으며, 처리당 20개체를 공시하였고, 5월 10일 실험을 개시하여 7월 21일까지 수행하였다. 추가배양액으로 Yamazaki

($\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3), Yamazaki + $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 2/3 me/l ($\text{NH}_4\text{-N}$ 4/3), Yamazaki + $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 3/3 me/l ($\text{NH}_4\text{-N}$ 5/3)를 처리구당 20 l씩 주었다.

2차 실험은 5월 12일에 각 처리구당 14개체를 공시하고, Yamazaki($\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3), Yamazaki + $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 4/3 me/l ($\text{NH}_4\text{-N}$ 6/3), Yamazaki + $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 6/3 me/l ($\text{NH}_4\text{-N}$ 8/3)를 100 l씩 주어 실험을 개시하였다.

위의 모든 실험에 있어서 실험베드는 스티로폼으로 길이 240cm × 폭 22cm × 높이 10cm 이었고, 재식거리는 줄간 60cm, 그루사이 20cm 이었다. 배양액은 계속 순환시켰고 2차 실험에서는 배양액 공급직후부터 자동계측시스템을 이용하여 pH, EC, 기온, 액온, 광도, CO_2 농도를 조사하였다. 자동계측시스템의 정상작동여부를 검사하기 위하여 수동검사를 병행하였다. 2차 실험에서는 수동으로 pH, EC, 액온을 하루 3번 측정하였다. 위 실험에서 5월 26일 부터는 하루중 오후의 일정시간 한번만 pH, EC를 측정하여 pH, EC의 경향을 살폈다. 배양액은 식물이 흡수한 만큼을 그때그때 보충해주어 항상 일정량을 유지했다. 실험기간동안 총 추가배양액은 1차 실험에서 $\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3 1580 l, $\text{NH}_4\text{-N}$ 4/3 1180 l, $\text{NH}_4\text{-N}$ 5/3 1480 l을, 2차 실험에서는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3 1200 l, $\text{NH}_4\text{-N}$ 6/3 1060 l, $\text{NH}_4\text{-N}$ 8/3 240 l였다. 3화방 출현 후 유인선을 쳐서 줄기를 고정하였다. 6월 16일 6화방 바로 윗부분을 적심하였다. 최초의 개화일 이후 10花씩 개화할 때마다 tomatoton 100배액을 암술에 닿도록 spray하여 총5회 spray하였다.

본 실험에서 화방별로 꽃수, 각 화방 바로 아래 잎의 엽색, 엽장, 엽폭, 제1본엽 바로 밑부분의 줄기직경을 측정하였고, 화방별로 수확량과 1·2화방과실의 과색, 3·4화방과실의 정도, 당도를 측정하였다. 위 측정은 모두 처리구당 6개체를 선발하여 실행하였다. 색은 chromameter(CR300, Minolta, Japan)를 이용하여 표준광원 C상태에서 L, a, b방식으로 측정하였다. 과색은 개체당 3회씩 측정하여 개체 단위로 평균을 내어 통계분석하였다. 수확

량은 6월 30일 첫수확부터 7월 21일까지의 수량을 합산하였으며, 줄기의 기부직경은 caliper를 이용하여 측정하였다. 경도는 경도계, 당도는 당도계를 이용하여 처리구당 3·4화방에서 각각 20개체씩을 무작위 선발하여 측정하였다.

결과 및 고찰

기온과 액온은 같은 양상으로 변화하였으나 기온의 변화폭이 더 컸다. 액온도 배양액 탱크가 지면위에 있었기 때문에 변화폭이 컸다. CO_2 는 200ppm 정도로 유지되었다(Fig. 1.).

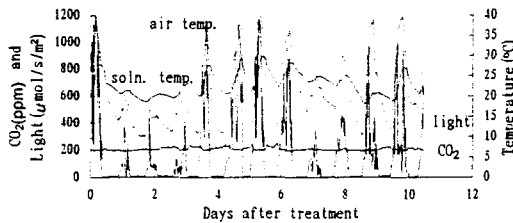


Fig. 1. Change of temperature, light and CO_2 concentration during raising seedling of cherry tomato.

1차 실험에서 전반기 배양액의 pH 값은 6.5에서 8사이로 일정치를 유지하였다. 농도가 높을수록 낮은 pH 값을 나타냈는데 이는 이전 실험¹²⁾과 기존의 연구결과^{5,11)}와 같다. 후반기에 액온이 하강하면서 pH 값도 같이 떨어지다가 추가배양액 공급직후 조금 떨어지다가 다시 상승하는 경향을 나타냈다. 추가배양액은 4번 공급하였는데, 공급할 때마다 pH가 상승하는 현상을 보였다(Fig. 2.).

EC는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3, 4/3 me/l 처리구에서 보다 $\text{NH}_4\text{-N}$ 5/3 me/l 처리구에서 비교적 높은 값을 나타냈으며, 추가배양액 공급직후부터 다음 추가배양액을 공급할 때까지 EC는 계속적으로 하강하는 추세를 보였는데(Fig. 3.), 이는 정 등³⁾의 보고와 일치한다. 실험 개

시 30일 후, $\text{NH}_4\text{-N}$ 8/3 me/l 처리구의 식물체들은 잎이 마르고 황화되어 제거했는데 이는 높은 N농도에 의한 고농도 장애에 기인한 것^{7,8,9,13,14,15)}으로 생각된다.

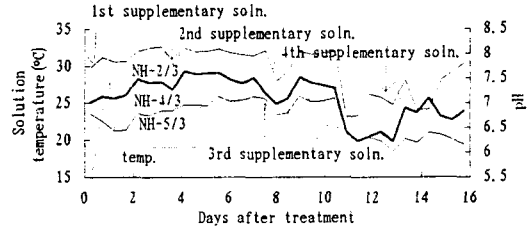


Fig. 2. pH change of nutrient solution in 1st experiment. The concentrations of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ in supplementary nutrient solution in each treatment were 2/3, 4/3 and 5/3 me/l.

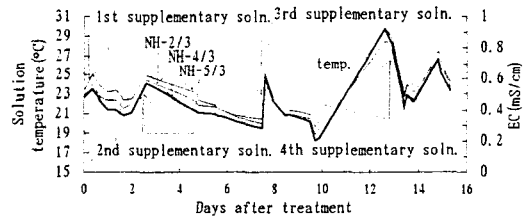


Fig. 3. EC change of nutrient solution in 1st experiment. The concentrations of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ in supplementary nutrient solution in each treatment were 2/3, 4/3 and 5/3 me/l.

2차 실험에서 액온은 1차실험에 비해 전반적으로 약간 높았다. 초기의 pH는 계속 저하하다가 전반적으로 계속 상승하는 추세를 보였다. 초반기와 실험중결시, $\text{NH}_4\text{-N}$ 8/3 me/l 처리구가 6/3 me/l 처리구보다 약간 높았으며, 두 처리구 모두 식물의 적정 pH 범위인 5.5 ~ 6.5보다 낮은 값을 나타내었다(Fig. 4.). 1차 실험과 마찬가지로 2차 실험에서도 NH_4

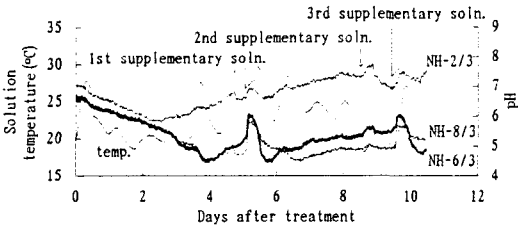


Fig. 4. pH change of nutrient solution in 2nd experiment, in which the concentrations of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ is same in starter solution but 2/3, 6/3 and 8/3 me/l in supplementary nutrient solution.

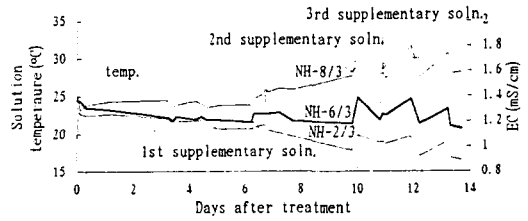


Fig. 5. EC change of nutrient solution in 2nd experiment, in which the concentrations of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ is same in starter solution but 2/3, 6/3 and 8/3 me/l in supplementary nutrient solution.

-N의 농도가 높을수록 pH가 낮았다. $\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3 me/l 처리구는 1, 2차 실험에 공통적인 대조구인데, pH 값이 1차실험에서보다 전반적으로 낮은 경향을 보였다. 2차 실험에서는 pH와 온도간에 정의상관이 보였는데, 이는 토마토의 어린 묘에서의 결과¹²⁾ 및 상추에서의 결과¹¹⁾와 일치한다.

EC는 초기에는 1에서 3정도의 일정치를 보이다 후반기에 가서 처리구당 차이가 뚜렷해졌으며, 농도가 높을수록 높은 EC값을 나타내었다. $\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3와 6/3 me/l 처리구의 EC 차이는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 6/3과 8/3 me/l 처리구의 차이에 비교할 때 그 차이가 작았는데, 이는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 8/3 me/l 처리구에서 양분흡수가 저조했음을 시사한다(Fig. 5.).

엽장과 엽폭은 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도차가 작았던 1차 실험에서는 차이가 인정되지 않았으나, 2차 실험에서는 차이가 인정되어, 농도가 낮을수록 엽장과 엽폭이 모두 컸다(Table 1). $\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3 처리구와 6/3 me/l 처리구 간에는 큰 차이는 없었으나, 6/3 처리구에서 높은 경향을 보였다. 엽장/엽폭 비는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 8/3, 2/3, 6/3 me/l 의 순이었다. 제1본엽 바로 밑의 줄기 직경을 처리 후 27일째 및 43일째에 측정 한 결과(Table 2), $\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3 처리구에서 가장 굵고, $\text{NH}_4\text{-N}$ 8/3 처리구에서 가장 가늘었다. $\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3 처리구와 6/3 처리구

간에는 유의성은 뚜렷하지 않았고, 2/3 처리구에서 굵은 경향을 보였다. 이는 낮은 EC에서는 생장이 빠르다는 이전의 연구결과¹¹⁾와 유사한데, 보다 장기간의 실험의 경우에는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3의 효과가 나타날 것으로 사료된다. 엽색은 색의 3가지 요소인 L, a*, b*는 1차 실험에서는 처리간 차이가 인정되지 않았으나 2차 실험에서는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 8/3 처리구에서 높은 수치를 보였으며, 2/3와 6/3 처리구간에는 유의성이 인정되지 않았다(Table 3). 1, 2차 실험의 결과로부터 $\text{NH}_4\text{-N}$ 6/3까지는 엽색에 차이가 없고, 8/3 처리구에서만 차이가 있었으며, 8/3 처리구의 식물은 나중에 성장장애를 입은 것으로 보아 엽색 측정치를 자동계측 시스템의 지식베이스로 이용하여 식물의 성장상태를 자동적으로 측정할 수 있는 기초자료로 이용할 수 있을 것으로 생각되었다.

꽃수와 수확량은 처리간에 차이가 없었다. 과실의 경도는 1차 실험에서는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 5/3 처리에서 가장 높고, 4/3 처리구에서 가장 낮았으며, 2차 실험에서는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 2/3 처리구에서 높게 나타나, $\text{NH}_4\text{-N}$ 처리간에 일관된 경향을 발견할 수 없었다(Table 4). 과실의 당도는 이전의 결과^{2, 10)}에서와 같이 1차, 2차 실험 모두에서 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도가 높을수록 높았으며, 전체적으로 보았을 때에도 $\text{NH}_4\text{-N}$ 6/3에서 가장 높은 값을 보여(Table 5), $\text{NH}_4\text{-N}$

Table 1. Leaf characteristics of the 1st and 2nd truss of cherry tomato in 2nd experiment.

Leaf position	Leaf length(cm)			Leaf width(cm)			L/W ratio ^z		
	N-2/3	N-6/3	N-8/3	N-2/3	N-6/3	N-8/3	N-2/3	N-6/3	N-8/3
1	47.6a ^y	42.7a	36.1b	26.4a	24.1a	16.8b	1.81b	1.78b	2.15a
2	53.1a	47.8b	32.2c	27.0a	28.6a	11.9b	1.99b	1.68c	2.75a

* Each value is mean of 6 leaves.

^z L/W: leaf length/leaf width.

^y Means with the same letter within a row are not significantly different at the 5% level by Tukey's test.

Table 2. Stem-base Diameter of cherry tomato plants in 2nd experiment.

Days after treatment	(unit:cm)		
	N-2/3	N-6/3	N-8/3
27	2.22a ^z	2.04a	1.57b
43	2.40a	2.06b	--

* Mean of 20 fruits.

^z Means with the same letter within a row are not significantly different at the 5% level by Tukey's test.

Table 3. Color parameters of leaf of the 1st and 2nd truss of cherry tomato in 2nd experiment.

Leaf position	L			a*			b*		
	N-2/3	N-6/3	N-8/3	N-2/3	N-6/3	N-8/3	N-2/3	N-6/3	N-8/3
1	40.0b ^z	39.6b	46.6a	-9.64a	-9.45a	-13.5b	11.9b	11.4b	20.7a
2	38.3b	38.3b	42.3a	-10.9b	-9.19a	-11.2b	11.5b	9.92b	14.1a

* Each value is mean of 6 leaves.

^z Means with the same letter within a row are not significantly different at the 5% level by Tukey's test.

Table 4. Fruit firmness of the 3rd and 4th truss of cherry tomato.

The order of cluster	(unit:kg)				
	1st experiment			2nd experiment	
	N-2/3	N-4/3	N-5/3	N-2/3	N-6/3
3	1.56b ^z	1.46b	1.71	1.57	1.57
4	1.52a	1.40b	1.57a	1.86a	1.58b

* Mean of 20 fruits.

^z Means with the same letter within a row are not significantly different at the 5% level by Tukey's test.

Table 5. Brix(%) of the 3rd and 4th truss of cherry tomato.

The order of cluster	1st experiment			2nd experiment	
	N-2/3	N-4/3	N-5/3	N-2/3	N-6/3
3	5.34 ^a	5.22	5.66	6.18b	6.94a
4	6.00b	5.65c	6.49a ^a	6.17b	7.03a

^a Mean of 20 fruits.

^b Means with the same letter within a row are not significantly different at the 5% level by Tukey's test.

의 첨가가 순수수경에서 과실의 당도를 높이는 방법이 될 수 있음을 시사했다. 과색은 처리간에 차이가 인정되지 않았다.

이상의 실험 결과로부터, 엽장이나 줄기직경 등의 생장면에서는 NH₄-N 2/3 me/l 처리구가 가장 좋았으며, pH와 EC면에서는 NH₄-N 4/3 me/l 이나 NH₄-N 5/3 me/l 이 바람직하며, 과실의 당도에서는 NH₄-N 6/3 me/l 처리구가 좋았던 것으로 나타났다. 따라서, 담액수경의 경우에는 수확기 이전에는 NH₄-N을 2/3 me/l 로 하고, 수확기에는 NH₄-N을 4/3~5/3 me/l 으로 하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

적 요

야마자키 토마토용 배양액을 이용하여 토마토를 담액재배할 경우, pH 7.5 정도인 수돗물을 용수로 한 배양액에 NH₄H₂PO₄를 사용함으로써 배양액의 pH를 안정시키는 동시에, 적정 식물생장을 유도할 수 있는 NH₄H₂PO₄ 농도를 찾고자 실험을 수행하였다. 그 결과 NH₄H₂PO₄의 농도를 증가시키에 따라 배양액의 pH가 감소하는 경향을 보였으며, EC는 반대의 경향을 보였다. NH₄-N 8/3 me/l 처리구에서는 식물체에 황화현상이 나타났다. NH₄-N이 4/3 me/l 혹은 5/3 me/l 인 처리구에서 pH와 EC를 안정적으로 유지할 수 있었다. 엽장이나 줄기직경은 NH₄-N 2/3 me/l 처리구에서 큰 값을 나타냈고, 과실의 당도는 NH₄-N 5/3

me/l 처리구에서 가장 높았다. 이상의 결과로부터, 토마토의 담액재배시 수확기 이전에는 NH₄-N을 2/3 me/l 로 하고, 수확기에는 NH₄-N을 4/3~5/3 me/l 로 하는 것이 바람직한 것으로 사료되었다.

주요어: 수경재배, 담액수경, 방울토마토, 인산암모늄, 배양액

인용문헌

- Boertje, G. A. 1986. The effect of the nutrient concentration in the propagation of tomatoes and cucumbers on rockwool. Acta Hort. 178:59-65.
- Bagal, S. D., G. A. Shaikh, and R. N. Adsule. 1989. Influence of different levels of N, P and K fertilizers on the protein, ascorbic acid, sugars and mineral contents of tomato. J. Maharashtra Agricultural Universities. 14(2):153-155.
- 정순주, 이범선, 조자용. 1993. 영양요소 시여방법 차이가 양액재배 토마토의 생장과 발육에 미치는 영향. 한국원예학회 논문발표요지. 11(1):126-127.
- 정영근, 조자용, 이범선, 정순주. 1993. 양액내 NaCl 처리가 분무경 토마토의 생장에 미치는 영향. 한국원예학회 논문발표요지. 11(2):50-51.
- Douglas, A. C. and J. G. Seeley. 1984. Ammonium injury to Poinsettia: Effects

- of $\text{NH}_4^- - \text{N} : \text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio and pH control in solution culture on growth, N absorption, and N utilization. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109(1):57-62.
6. 池田英男·大澤孝也. 1979. 施用窒素形態とそ菜の適應性(第1報) 水耕栽培において硝酸, アンモニア, 亞硝酸を窒素源とした果菜の生育並びに窒素同化. *日園學雜.* 47: 454-462.
 7. 池田英男·大澤孝也. 1980. 施用窒素形態とそ菜の適應性(第2報) 水耕栽培において硝酸, アンモニア, 亞硝酸を窒素源とした葉菜の生育並びにアンモニア態及び硝酸態窒素蓄積の差異. *日園學雜.* 48:435-442.
 8. 池田英男·大澤孝也. 1981. 施用窒素形態とそ菜の適應性(第3報) 水耕栽培において NO_3 , NH_4 , NO_2 를 N源とした根菜의 生育並びに $\text{NH}_4 - \text{N}$ 及び $\text{NO}_3 - \text{N}$ 의 蓄積의 差異. *日園學雜.* 49 : 563-570.
 9. 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(2):225-230.
 10. 김영식. 1993. 수경재배시 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 와 $\text{NH}_4^- - \text{N}$ 의 비율이 잎들개의 생육에 미치는 영향. *생물생산시설환경.* 2(2):119-126.
 11. 김주희, 김혜진, 김영식. 1995. 수돗물을 용수로 사용한 결구상추의 수경육묘시 배양액내 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 에 관한 연구. *한국생물생산시설환경학회 논문발표요지.* 4(1):75-78.
 12. 이문정, 김성은, 김영식. 1995. 방울토마토 수경재배시 시작배양액과 추가배양액에 기초한 배양액조성. *한국원예학회 논문발표요지.* 13(1):338-339.
 13. 大澤孝也·池田英男. 1985. 水耕培養液の窒素形態とpHがそ菜の亞鉛過剩障害に及ぼす影響. *日園學雜.* 53(4):427-431.
 14. Polizotto, K. R., G. E. Wilcox, and C. M. Jones. 1975. Response of growth and mineral composition of potato to nitrate and ammonium nitrogen. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100(2):165-168.
 15. 박권우, 이정훈, 장매희. 1994. 양액내 $\text{NO}_3^- - \text{N} : \text{NH}_4^- - \text{N}$ 비가 잎과의 생육과 품질에 미치는 영향. *생물생산시설환경.* 3(2): 99-105.
 16. Valenzuela, J. L., A. Sanchez, and L. Romero. 1989. Assessing critical nitrogen supply by means of nitrogen reductase activity in tomato and cucumber plants. *J. Plant Nutrition.* 10(9/16):1733-1741.