

Modelkader  
8  
onomie

19 MAI 1998

019 AGRO



**THE BRITISH LIBRARY**

**Document Supply Centre**

This document has been supplied by, or on behalf of,  
The British Library Document Supply Centre  
Boston Spa, Wetherby, West Yorkshire LS23 7BQ  
UNITED KINGDOM

**WARNING:** Further copying of this document  
(including storage in any medium by electronic  
means), other than that allowed under the copyright  
law, is not permitted without the permission of  
copyright owners.

# 培養液의 질산태질소농도가 토마토(*Lycopersicum esculentum* Mill)의 생육 및 無機元素 흡수에 미치는 영향

李光植\* · 喻景權\*\* · 松井佳久\*\*

## Effect of Nitrate Concentration in Culture Solution on the Growth and the Uptake of Inorganic Elements of Tomato Plants(*Lycopersicum esculentum* Mill)

Kwang-Seek Lee\*, Jing-Quan Yu\*\* and Yoshihisa Matsui\*\*

### ABSTRACT

This experiment was carried out to investigate the effects of nitrate concentration in culture solution on the growth and the uptake of inorganic elements in Tomato plant in the greenhouse. Tomato plants(cv. TVR-2) were grown with nitrate concentrations 8, 16, 24, 32cmol/l, based on Japan ENSI standard solution. Dry weights of lamina and petiole increased with the nitrate concentration. However, the dry weight of fruit was the highest in the treatment of nitrate concentration of 16cmol/l. The proportion of dry weights of vegetative organ to reproductive organ was the lowest in the treatments of nitrate concentrations of 16cmol/l and it increased with the nitrate concentration. The fruit yield was the highest at the treatment of nitrate concentration of 16cmol/l. With the increase of nitrate level the concentrations of N, NO<sub>3</sub>-N, Ca and Na increased in lamina and petioles. The concentrations of K, P, S and Cl tended to decline in the nitrate concentration of 16 and 32cmol/l. These results indicate that optimum nitrate concentrations in a tomato grown by hydroponics change with growth stage, and the optimum concentrations for vegetative and reproductive stage were 8 and 16cmol/l, respectively. It also was proved that the nitrate concentrations in the culture solution affected antagonistically the uptake of inorganic anion in tomato: In low nitrate level Cl<sup>-</sup> uptake was affected much, while SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> uptake were affected in high nitrate level.

**Key words** : Tomato, Hydroponics, Nitrate concentrations, Inorganic elements.

### 서 언

NO<sub>3</sub>-N는 식물이 直接吸收利用하는 窒素形態로서 養液栽培의 主要窒素源으로 많이 사용하고 있다. NH<sub>4</sub>-N가 식물의 陰이온흡수를 촉진하고 양액의 pH를 저하

시키는데 반해, NO<sub>3</sub>-N는 陽이온흡수를 촉진하고 양액의 pH를 증가시키므로(Pill 등,1977; 池田 등,1982; Marinus 등,1988; Kirkby 등,1967), NO<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 비를 조절하여 양액의 pH를 일정하게 유지하고(池田 등,1983; Lynn,1983) 特定成分의 흡수를 조절하는데

\* 경상남도 농촌진흥원(Kyeongnam Provincial RDA, Chinju 660-370, Korea)

\*\* 島根大學農學部(Faculty of Agriculture Shimane University, Matsue 690, Japan)

이용할수 있다. NO<sub>3</sub>-N는 식물체에 흡수 이동될때 다른 음이온의 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Cram,1973; 芽野 등,1989; Weigel 등,1973; 岩田 등,1969; Epstein,1953).

Cram(1973)은 양분흡수에 있어서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 Cl<sup>-</sup>이拮抗關係에 있음을 보고하였고, 李 등(1991b,1992)은 水耕栽培토마토의 지상부에서 음이온性 元素의 當量比는 식물의 생육단계와 배지조성의 영향을 強하게 받으며, 특히 배양액에 저농도의 NaCl을 첨가했을때 지상부의 NO<sub>3</sub>-N농도가 저하되고, 榮養器官에서 生殖器官으로 K<sup>+</sup>의 이동이 촉진되어, Cl<sup>-</sup>과 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이 식물의 根圈에서 흡수될때 相互拮抗關係가 있음을 보고하였다. 한편 Silberbush 등(1989)은 땅콩에서 저농도의 NaCl을 처리했을때 K<sup>+</sup>과 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 吸收阻害가 나타났으며 이러한 현상은 Na<sup>+</sup>과 K<sup>+</sup>의 吸收競爭에 의한 것이며 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 Cl<sup>-</sup>의 相互作用은 적었다고 했다.

芽野 등(1989)은 양액중의 음이온조성이 水稻體內篩管液과 導管液의 음이온조성에 영향을 주므로 이온의 농도가 높은 양액재배에서는 음이온조성을 고려해야하며 이에 관한 자세한 검토가 필요하다고 하였다. 그러나 작물생육에 미치는 음이온의 영향과 이온상호간의 흡수에 관한 연구는 미흡한 실정이며, 보다 상세한 검토가 요구된다.

따라서 본 연구는 양액중의 NO<sub>3</sub>-N농도가 토마토의 생육 및 無機養分 흡수와 분배에 미치는 영향을 구명하고 특히 배양액에의 NO<sub>3</sub>-N첨가가 Cl<sup>-</sup>흡수에 미치는 효과를 검토하여 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 Cl<sup>-</sup>의 吸收拮抗關係를 확인하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 식물의 재배

토마토(품종:TVR-2)는 과종후 24일에 定植하여 측지는 모두 제거하고 6화방상단 2엽을 남기고 직심하여 정식후 126일에 재배를 종료했다. 토마토는 子葉展開期에 배양액용량 150 l, 베드크기 90×90×5cm에 8주를 정식하였으며 開花期에는 토마토톤 100배액을 살포하였다. 토마토의 재배장치는 TAM式을 사용하였고,

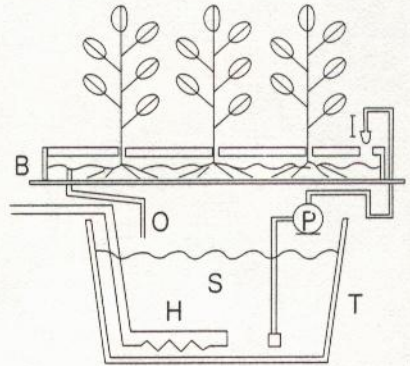


Fig 1. Schematic of hydroponic system. B:bed, H:heater, I:inlet of a nutrient solution, O:outlet of a nutrient solution, P:pump, S:nutrient solution T:tank

Table 1. Amounts of macro-element in the culture solution used

Kinds of element	Nitrate levels(cmol/l)			
	8	16	24	32
	----- g/ton -----			
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	944	944	944	944
KNO <sub>3</sub>	-	809	809	809
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	493	493	493	493
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	153	153	153	153
KCl	596	-	-	-
NaNO <sub>3</sub>	-	-	680	1360

그 概略圖는 그림 1과 같다. 배양액은 정식후 33일에 일본國試표준액조성에 NO<sub>3</sub>-N농도 8, 16, 24 및 32cmol/l 처리를 두었다. 일본國試표준액의 다량원소 조성은 N 16, P 4, K 8, Ca 8, Mg 4cmol/l 로 되어 있다. 본 시험의 양액조성은 표 1에 나타낸것과 같이 NO<sub>3</sub>-N 8cmol/l 처리구는 KNO<sub>3</sub> 대신에 KCl을, NO<sub>3</sub>-N 24 및 32cmol/l 처리구는 NaNO<sub>3</sub>를 첨가하여 각각의 농도로 조절하였다. 양액의 관리는 배양액을 주1회 採取·分析하여 그 결과에 따라 비료성분을 보충 하므로서 항상 일정한 元素농도가 되도록 하였으며, 배양액의 pH는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 또는 NaOH를 사용하여 6.0~7.0이 되도록 조절하였다.

### 2. 식물체의 採取 및 分析방법

식물체는 재배종료일인 7월21일에 採取하였다. 식물

Table 2. Effect of nitrate levels in culture solution on the dry weight in each organ of tomato plants

Kinds of organ	Nitrate levels(cmol/l)			
	8	16	24	32
	g			
Lamina	103.1±13.48	92.9±6.03	113.4±10.16	133.6±11.20
Petiole	43.7±3.69	42.6±1.65	43.5±1.29	45.3±5.46
Stem	61.2±6.80	51.6±3.83	60.0±6.21	65.7±4.13
Fruit Petiole	15.6±1.80	12.3±1.72	14.9±0.67	14.9±2.64
Fruit	223.4±6.53	260.4±9.16	229.4±0.22	218.5±18.31
Shoot	447.0±21.38	459.8±14.46	461.2±18.11	478.0±16.80
V/F*	1.00	0.77	1.01	1.19

\* Ratio of vegetative organ to fruit in dry weight

체는 數種의 원소가 器官別로 서로 다른 농도조성을 하고 있으므로(李 등, 1991b) 보다 정확한 평가를 위하여 채취한 시료를 花房別(6段位)·器官別(葉身, 葉柄, 莖, 果柄 및 果實)로 각각 분리하고, 이것을 80℃에서 2~3 일 건조시켜 건물중을 평량한 후 粉碎하여 無機元素의 분석에 사용하였다.

본 시험에서는 N(NO<sub>3</sub>-N), P, K, S, Ca, Mg, Cl 등 과같은 식물의 必須成分에 Na를 더하여 8종의 원소를 분석하였다.

N은 식물체 粉末試料를 사용하여 N·C同時分析器(Sumi Graph-80)로 측정했다. NO<sub>3</sub>-N와 Cl<sup>-</sup> 및 Na<sup>+</sup>은 蒸溜水抽出液을, 기타 원소는 濕式分解液을 사용하여 정량했으며(李 등, 1991b), 식물체시료의 蒸溜水抽出時에 나타나는 色은 活性炭을 처리하여 除去했다. Cl<sup>-</sup>는 치오시안酸水銀法으로, NO<sub>3</sub>-N는 紫外線吸光度法(安藤 등, 1980)으로 각각 정량했다. 그 밖의 원소는 ICP發光分光分析法(島津製 ICPS-2000)으로 측정하였으며, ICP에 의한 정량은 内部標準元素로서 Li 과 Yb 및 Co를 각각 5mg/l 첨가하여 内部標準法(李 등, 1991a)으로 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 식물체의 건물중과 과실수량

토마토재배종류기의 器官別乾物重을 표 2에 나타냈다. 葉身の 건물중은 NO<sub>3</sub>-N 16cmol/l 처리구를 除外하고 NO<sub>3</sub>-N 처리에 의해 증가했으며, 葉柄, 莖 및 果柄의 건물중은 8cmol/l 처리구를 除外한 전구에서 증가

하였다. NO<sub>3</sub>-N 8cmol/l 처리구의 營養器官乾物重이 NO<sub>3</sub>-N 16cmol/l 처리구에 비해 떨어지지 않는 것은 全生育期間에 걸쳐 항상 일정한 농도를 유지하였기 때문이며, 이것은 營養生長을 위해서는 NO<sub>3</sub>-N 농도가 8cmol/l 로도 가능함을 의미한다. 한편 果實의 건물중은 NO<sub>3</sub>-N 16cmol/l 처리구가 가장 높았다.

질소농도가 지나치게 높으면 식물체의 營養器官에서 양분소모가 많아 過繁茂하게 되고 生殖器官의 발달이 저해되어 수량이 감소한다. 過繁茂하지 않으면서 수량이 최대가 되는 질소농도는 재배작물의 生産性向上을 위해 매우 중요하며, 일반적으로 과채류의 수경재배에서는 16cmol/l 를 사용하고 있다(竝木, 1986). 과채류재배에서 生産性效率를 평가하는 한 방법으로 生殖器官에 대한 營養器官의 乾物重比를 생각할 수 있으며, 이 비율이 낮을수록 物質生産效率이 높다고 할수있다. 본 시험에서 生殖器官에 대한 營養器官의 乾物重比는 NO<sub>3</sub>-N 16cmol/l 처리구가 0.77로 가장 낮았고 NO<sub>3</sub>-N 농도가 증가할수록 높아졌다. 이것은 고농도의 NO<sub>3</sub>-N가 營養器官의 성장을 조장하였기 때문이며, 이러한 物質生産의 효율적인 측면에서는 NO<sub>3</sub>-N 16cmol/l 처리구

Table 3. Effect of nitrate levels in nutrient solution on the fruit number, the mean weights of a fruit and the fruit yield

Nitrate levels(cmol/l)	Fruit number	Mean weights of a fruit(g)	Fruit yield(g)
8	24.3±4.23	163.7±16.54	3984±610
16	28.7±6.95	151.9±10.55	4356±945
24	28.5±4.55	146.3±10.49	4169±423
32	25.0±6.31	135.0±20.66	3374±695

가 가장 좋은것으로 나타났다.

표 3은 NO<sub>3</sub>-N의 처리농도가 토마토의 果數, 平均果重 및 수량에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 果數와 수량은 NO<sub>3</sub>-N 16cmol/l 처리구가 가장 높았으며, 平均果重은 NO<sub>3</sub>-N處理濃度가 增加할 수록 減少하는 경향이었다. 양액의 滲透壓을 처리별 양분조성으로부터 계산하면 NO<sub>3</sub>-N처리농도 8cmol/l 구가 -37.94kpa, 16cmol/l 구가 -37.96kpa, 24cmol/l 구가 -57.77kpa, 32cmol/l 구가 -77.58kpa이 된다. 이와 같이 NO<sub>3</sub>-N의 처리농도가 증가함에 따라 과실수량이 감소한 것은 양액의 滲透壓이 증가하여 과실의 크기가 작아진 것 외에, N 양분이 과다하여 營養器官과 生殖器官의 乾物分配가 均衡을 이루지 못했기 때문으로 사료된다(표 2). 이것은 양액의 滲透壓이 높아지면 과실의 總固形物含量이 증가하여 품질이 향상되는 반면 과실의 크기가 작아져 수량이 감소하나, 착과수는 거의 영향을 받지 않는다는 Ehret(1986), Mizrahi 등(1982, 1988)의 보고와 잘 일치하고 있다. 이러한 결과는 토마토의 수경재배에 있어서, 營養生長期에는 NO<sub>3</sub>-N농도가 8cmol/l 로서 부족하지 않으나, 生殖生長期에는 16cmol/l 이 적절하다는 것을 시사하고 있다.

2. 葉身과 葉柄의 無機元素濃度에 미치는 NO<sub>3</sub>-N농도의 영향  
토마토의 葉身과 葉柄은 採取가 용이하여 營養診斷器官으로 널리 이용되고 있으나, 數種成分의 농도분포가 매우 다르므로(李 등, 1991b) 영양진단시 對象成分과

採取器官의 선정에 주의를 요한다.

표 4는 양액중의 NO<sub>3</sub>-N농도가 葉身中の 무기원소농도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 葉身中の 陰이온성분은 NO<sub>3</sub>-N처리 수준에따라 NO<sub>3</sub>-N와 P 및 S농도가 증가하였으나, 高 NO<sub>3</sub>-N농도인 32cmol/l 처리구에서는 오히려 감소하였으며 P와 S의경우는 현저하게 낮아졌고, Cl농도는 NO<sub>3</sub>-N처리농도가 증가할수록 낮아졌다. 이것은 陰이온성분 중에서 NO<sub>3</sub>-N농도가 높을때는 P와 S의 흡수가 阻害되고 Cl는 NO<sub>3</sub>-N처리농도에 관계없이 흡수가 저해된다는 것을 의미한다.

한편 葉身中の 陽이온성분중 Na농도는 NO<sub>3</sub>-N처리농도가 높을수록 증가하였고, K, Ca, Mg농도는 NO<sub>3</sub>-N처리농도가 낮을때는 약간 증가하였으나 NO<sub>3</sub>-N처리농도가 24cmol/l 이상으로 높을경우에는 현저히 낮았으며, 농도가 저하되는 정도는 K>Ca>Mg의 순으로 컸다. 저농도의 NO<sub>3</sub>-N은 陽이온의 흡수를 증가시키지만(池田 등, 1982), NO<sub>3</sub>-N농도가 지나치게 높을때는 오히려 고농도로 첨가한 Na과의 吸收拮抗作用 때문에 그 흡수가 저해된다. Na농도의 증가는 NO<sub>3</sub>-N처리농도를 조절하기 위하여 첨가한 NaNO<sub>3</sub> 때문이며, NO<sub>3</sub>-N처리농도가 높을때 K, Ca, Mg농도가 낮은 것은 Na과의 拮抗作用에 의해 이들 원소의 흡수가 저해되었기 때문이다. 이러한 결과는 땅콩을 이용한 Silberbush 등(1988)의 연구결과와 잘 일치하고 있다.

葉柄中の 무기원소농도에 미치는 NO<sub>3</sub>-N처리농도의 영향을 표 5에 나타냈다. 葉柄中の 陰이온농도는

Table 4. Effect of nitrate levels in culture solution on the concentration of inorganic elements in tomato lamina

Kinds of element	Nitrate levels(cmol/l)			
	8	16	24	32
	g/kg			
N	3.15	3.67	3.50	3.27
NO <sub>3</sub> -N	0.14	0.22	0.32	0.23
K	3.81	3.88	2.98	2.62
Ca	4.87	5.35	5.32	4.27
Mg	0.62	0.64	0.61	0.59
Na	0.83	0.88	0.91	1.26
P	0.63	0.62	0.75	0.53
S	1.88	1.95	2.06	1.56
Cl	2.18	1.23	1.04	0.72

Table 5. Effect of nitrate levels in culture solution on the concentration of inorganic elements in tomato petiole

Kinds of element	Nitrate levels(cmol/l)			
	8	16	24	32
	g/kg			
N	2.19	2.72	2.88	2.73
NO <sub>3</sub> -N	0.63	1.07	1.26	1.08
K	6.11	6.35	5.99	4.83
Ca	2.80	3.05	3.09	2.64
Mg	1.18	1.14	1.14	1.27
Na	0.83	1.05	1.12	1.40
P	0.83	0.75	1.16	1.01
S	0.52	0.56	0.59	0.57
Cl	4.71	2.90	2.57	1.95

NO<sub>3</sub>-N처리농도가 증가함에 따라 NO<sub>3</sub>-N가 증가하고, Cl이 감소하는 반면에, P와 S는 영향을 적게 받았다. 한편 양이온성분은 葉身에서와 마찬가지로 고농도의 NO<sub>3</sub>-N처리구에서 Na농도가 증가하고 K와 Ca농도가 감소하였으며, Mg은 그다지 영향을 받지 않았다. 양이온의 흡수에 있어서 Na이 K 또는 Ca의 흡수를拮抗적으로 阻害한다는 것은 이미 보고(阿部 등,1963; 新井,1987) 되어 있다.

3. 無機陰이온의 흡수와 分布에 미치는 NO<sub>3</sub>-N농도의 영향  
양액중에 존재하는 저농도의 Cl이 NO<sub>3</sub>의 흡수를 阻害하고 營養器官에서 生殖器官으로의 K<sup>+</sup>의 이동을 촉진하는 바(李 등,1992), 陰이온성분의 흡수와 분포에 미치는 NO<sub>3</sub>-N의 영향을 검토하였다. 그림 2는 NO<sub>3</sub>-N처리농도가 葉身과 葉柄의 無機陰이온 흡수량에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 葉身과 葉柄의 陰이온흡수량은 NO<sub>3</sub>-N처리농도가 높을수록 NO<sub>3</sub>은 증가하고 Cl은 감소하였으며, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>은 NO<sub>3</sub>-N처리농도가 32cmol/l로 높을때는 흡수량이 감소하였고, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>은 약간 감소하는 경향이였다. 특히 葉柄에서는 NO<sub>3</sub>과 Cl의 흡수량이 NO<sub>3</sub>-N처리농도의 영향을 많이 받았는데, 이것은 NO<sub>3</sub>과 Cl이 주로 葉柄에 많은 양이 존재하기 때문으로 생각된다(李 등, 1991a).

본 시험에서는 수경재배에 지하수를 사용하였으며 NO<sub>3</sub>-N농도를 조절하기 위하여 NO<sub>3</sub>-N 농도 8cmol/l 처리구에서 KCl을 첨가하였으므로 양액중의 Cl-농도가 NO<sub>3</sub>-N처리농도에 따라 일정하지 않았다. Cl은 식

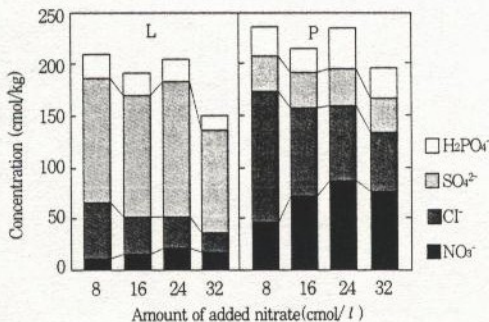


Fig 2. Effect of nitrate on the anion composition in lamina(L) and petiole(P) of tomato plant

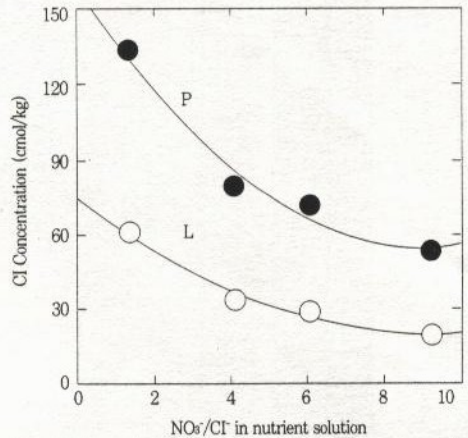


Fig 3. Effect of the ratio of nitrate to chloride culture solution on the chloride ion in lamina(L) and petiole(P) of tomato plant

물체에 非選擇적으로 흡수되기 때문에 식물체내의 흡수량은 양액중의 농도의 영향을 매우 많이 받는다. 본 시험에서와 같이 양액중의 Cl-농도가 相異한 처리에서 두 이온간의 吸收拮抗關係를 보다 精確하게 검토하기 위하여 양액중의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>의 비가 葉身과 葉柄中の Cl<sup>-</sup>의 흡수량에 미치는 영향을 그림 3에 나타냈다.

葉身과 葉柄中の Cl-함량은 양액중의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>비가 증가할수록 감소하였으며, 그 감소 정도는 葉身에서 보다 Cl<sup>-</sup>의 농도가 높은 葉柄에서 더 크게 나타났다. 이것은 식물체의 Cl-흡수량은 양액중의 Cl-농도 뿐만 아니라 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>농도의 영향도 함께 받는다는 것을 의미한다. 따라서 본 시험과 前報(李 등,1992)의 결과를 종합하면 양분흡수에 있어서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 Cl<sup>-</sup>은 상호 拮抗적으로 작용한다는 것을 알수있으며, 이 결과는 작물재배시 특정성분의 흡수량을 조절하는데 이용할수 있다. 한편 이들 두 이온의 흡수에 化學當量의인 관계가 있는가에 대해서는 금후 보다 자세한 연구검토가 필요하다.

### 적 요

본 研究는 수경재배토마토에 있어서, 陰이온이 無機 營養吸收 및 식물체의 元素組成에 미치는 영향을 구명하고자 수경재배의 주요 질소원으로 사용하고있는 NO<sub>3</sub>-N의 영향에 관해 검토하였다. 토마토(TVR-2)는

파종후 24일에 정식하고 정식후 126일에 재배를 종료하였다. 배양액은 일본圖試표준액을 基本組成으로하여  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도 8, 16, 24, 32cmol/l 처리구를 설정하고, 정식후 33일에 양액탱크용량 150 l, 베드크기 90×90×5cm에 8주를 정식하여 재배하고, 재배종료기의 식물체를 花房別·器官別로 分割採取하여 건물중을 평량한 후 無機成分을 분석·검토 하였다.

葉身과 葉柄의 건물중은  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 높을수록 증가 하였으나, 과실의 건물중은  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도 16cmol/l 처리구가 가장 높았다. 生殖器官에 대한 營養器官의 乾物重比率는  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도 16cmol/l 처리구가 가장 낮았고,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 처리농도가 증가함에 따라 높아졌으며, 과실 수량은  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도 16cmol/l 처리구가 가장 많았다.  $\text{NO}_3\text{-N}$ 처리농도가 증가함에 따라, 葉身과 葉柄中の 전 질소,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , Ca 및 Na농도가 증가하였으며,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도 24 및 32cmol/l 처리구에서 K, P, S 및 Cl농도가 감소하는 경향을 나타냈다.

이상의 결과로부터 수경재배토마토에 있어서  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 적정농도는 생육시기에 따라 다르며 營養生長期에는 8cmol/l 가, 生殖生長期에는 16cmol/l 가 적절한 것으로 나타났다. 식물의 無機陰이온흡수에 미치는 양액 중의  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 영향은 그 농도에 따라 다르며,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 낮을 때는 주로 Cl<sup>-</sup>과 그리고  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 높을 때는  $\text{SO}_4^{2-}$  및  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 과 吸收拮抗關係가 있었다.

## 인용 문헌

阿部勇, 森英男. 1963. 水耕栽培したトマトの結實が生育と無機成分の吸收に及ぼす影響. 園試研報. C1 : 149~159.  
安藤志男, 尾形昭逸. 1980. 硝酸態窒素の微量迅速定量法. 日土肥誌. 51 : 48~54.  
新井和夫. 1987. 養液栽培で發生しやすい生理障害. 農及園藝. 62 : 97~100  
芽野充男, 篠崎泰子. 1989. 養液栽培における陰イオン吸收の問題. 日本土壤肥料學會編. 養液栽培と植物營養. P.85~102. 博友社. 東京.  
Cram, W. J. 1973. Internal factors regulating nitrate and chloride influx in plant cell. J. Exp. Botany. 24 : 328~341.  
Ehret, D. L. and L. C. Ho. 1986. The effect of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. J. Hort. Sci., 61 : 361~367.  
Epstein, E. 1953. Mechanism of ion absorption by root. Nature 1(London). 171 : 83~84.

池田英男, 大澤孝也. 1982. 水耕培養液中カリ, カルシウムの濃度並びに陰イオンがそ菜のアンモニア過剰障礙に及ぼす影響. 日園藝誌. 51(3) : 309~317.  
池田英男, 大澤孝也. 1983. 水耕培養液中の $\text{NO}_3^-$ と $\text{NH}_4^+$ の濃度並びに比率がそ菜の生育, 葉中N成分及び培養液のpHに及ぼす影響. 日園藝誌. 52(2) : 159~166.  
岩田正利, 鈴木芳夫. 1969. 窒素形態の差異とそ菜の生育(第5報). 培養液中の各種陰イオンとの關係. 日園藝誌. 58(3) : 254~256.  
Kirkby, E. A. and K. Mengel. 1967. Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea or ammonium nutrition. Plant Physiol., 42 : 6~14.  
Kirkby, E. A. and A. H. Knight. 1977. Influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic acid accumulation and cation-anion balance in whole tomato plants. Plant Physiol., 60 : 349~353.  
李光植, 喻景權, 松井佳久. 1991a. 誘導結合プラズマ発光分析法による植物試料の多元素同時定量に用いる内標準元素. 日土肥誌. 62(4) : 399~409.  
李光植, 喻景權, 太田勝巳, 若月利之, 松井佳久. 1991b. 水耕栽培トマト中の無機元素濃度の経時變化. 日土肥誌. 62(6) : 606~613.  
李光植, 喻景權, 松井佳久. 1992. 培養液への鹽化ナトリウムまたは硫酸ナトリウムの添加がトマトの無機元素吸收と分配に及ぼす影響. 日土肥誌. 63(4) : 436~441.  
Lynn Marcus-Wyner. 1983. Influence of ambient acidity on the absorption of  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  by tomato plants. J. Plant Nutrition. 6(8) : 657~666.  
Marinus, L., van Beusichen, E. A. Kirkby and Robert Baas. 1988. Influence of nitrate and ammonium nutrition on the uptake, assimilation and distribution of nutrients in Ricinus communis. Plant Physiol., 86 : 914~921.  
Mizrahi, Y. 1982. Effect of salinity on tomato fruit ripening. Plant Physiol., 69 : 966~970.  
Mizrahi, Y., Taleisnik, E., Eagan-zur, V., Zohar, Y., Offenbach, R., Matan, E. and Golan, R. 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 113 : 200~205.  
辻木隆和. 1986. 培養液組成の理論と實際. 農業及び園藝. 61(1) : 197~204.  
Pill, W. G. and V. N. Lambeth. 1977. Effects of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  nutrition with and without pH adjustment on tomato growth, ion composition and water relations. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 102 : 78~81.  
Silberbush, M. and J. Ben-Asher. 1989. The effect of NaCl concentration on  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  and orthophosphate-P( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) influx to peanut roots. Scientia Horticulturae. 39 : 279~287.  
Weigel, R. C. Jr., J. A. Schillinger, B. A. McCaw, H. G. Gauch and E. Hsiao. 1973. Nutrient-nitrate levels and the accumulation of chloride in leaves of snap beans and roots of soybeans. Crop Science. 13 : 411~412.