

# 주요 쌈채류의 질소시비수준별 저 질산염 및 고 비타민 C의 생산성 및 수확량 비교

이상훈 · 전원임 · 허무룡 · 박중춘

(경상대학교 농과대학 원예학과)

## Decreasing the $\text{NO}_3$ and increasing the Vitamin C contents in 'Ssam' vegetables by a nitrogen deprivation method

Lee, Sang-Hoon · Jeon, Won-Im · Huh, Moo-Ryong · Park, Joong-Choon

Dept. of Horticulture, Gyeong-sang Nat'l Univ., Jinju 660-701, Korea

### 적 요

주요한 엽채류의 경우, 엽체내 질산염의 함량은 거의 허용기준이 정해질 정도로 품질을 결정하는 중요한 인자이다. 식물체내, 특히 엽내 질산염의 함량을 감소시키는 여러 가지 방법 중에 수확 전 질소중단을 통하여 고채, 청경채, 황궁채의 생육은 유지시키면서 식물체내 질산염의 함량을 감소시킬 목적으로 수행하였다. 질소가 전혀 공급되지 않은 처리구에서는 질소 부족으로 인한 생육 정지 현상이, 질소가 과다하게 공급된 처리구에서는 염류과다로 인한 생육정지 및 생육장해가 나타났다. 이에 반하여 N-Free medium과  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  1.5mM과 15mM 처리구와 Hoagland's nutrient solution의 1배 처리구에서 정상적인 생육을 하였다. 일정한 생육을 시킨 후, 수확 전에  $\text{NO}_3^-$ 를  $\text{Cl}^-$ 로 대체하였을 때 고채와 청경채, 황궁채의 질산염은 질소 공급 중단 이후 감소하였는데 반하여, 체내 비타민 C의 함량은 증가하거나 감소하는 등 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

### I. 서론

채소는 단백질 합성을 위해 질소를 비료나 토양 유기물로부터  $\text{NO}_3^-$ 이온상태로 흡수하기 때문에 질산염은 식물에 천연적으로 존재하는 성분이며 흡수된  $\text{NO}_3^-$ 는 뿌리에서 암모니아로 환원된 후 특정 유기산과 결합하여 아미노산이 되어 지상부로 이동한다.

질소의 시비량이 많으면 대부분의 광합성 산물이 단백질을 합성하는데 이용되어 줄기와 잎이 많이 생

성되지만 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등 세포벽 구성물질을 많이 생성하지 못하므로 조직이 연약하게 된다. 경엽을 이용하는 엽채류나 사료작물은 단백질 함량이 높고 기호성이 좋으나  $\text{NO}_3^-$ 가 축적되어 품질을 떨어뜨릴 수 있다. 이와 반대로 질소가 부족하면 하위엽에 있던 질소가 생장점으로 재분배되므로 하위엽부터 황색을 나타내고, 질소가 더욱 부족하면 식물 전체가 황색을 나타낸다(변 등, 2001).

그러나 질산염은 채소의 종류, 토양 내 질소 함량, 온도, 일조량 및 계절 등의 여러 환경적인 요인에 의

한 영향을 많이 받는다(Maynard 등 1976, 원 등 1997, 황 1993). 식물체내에 흡수된  $\text{NO}_3^-$ 는 불량한 환경조건에서는 질산환원효소와 글루타민합성효소의 활성이 저하되어 식물체에 다량으로 집적될 뿐 아니라 과다한 질소시비에 의해서도 집적량이 증가한다.  $\text{NO}_3^-$ 가 과다하게 함유된 채소를 사람이나 동물이 섭취하면 소화 과정중 타액이나 위에 존재하는 박테리아에 의하여  $\text{NO}_2^-$ 로 환원된다.  $\text{NO}_2^-$ 는 성인에게는 직접적인 영향을 미치지 않으나 생후 6개월 미만의 유아에게는 청색증을 일으키는 원인이 되며, 2차 또는 3차 아민과 반응하여 나이트로자민(nitrosamine)을 생성한다고 한다(Maynard 등 1976, Wright 등, 황 1993).

현재 미국이나 일본 등 대다수의 국가에서는 질산염에 대한 규제를 하고 있지 않으나 유럽국가에서는 97년 2월부터 계절별 규정농도를 설정하였고 지속적인 모니터링을 하고 있다(원 등 1998). 최근 국내의 소비자 단체에서도 엽채류에 함유되어 있는 질산염의 함량이 외국의 허용기준을 초과한다는 사실을 발견하고 국민 보건의 차원에서 국내에서 생산, 유통되고 있는 채소류의 질산염 함량을 일정한 수준이하가 되도록 법으로 규제할 것을 요구하고 있다.

최근 식생활의 변화와 기능성·건강성이 부여된 채소를 찾는 소비자층의 증가로 쌈채소에 대한 주년 안정된 생산과 재배법, 적합한 작목의 선택 등 생산자들의 관심도 한층 높아지고 있다(박과 유, 2000).

고채 혹은 겨자채(*Brassica juncea* L.)는 주로 김치거리로 이용되며 특 쏘는 매운 맛과 향기가 특징이다. 그리고 비타민 A와 C가 풍부하고 카로틴, 칼슘, 철 등이 많이 함유하고 있어 생체로 먹기에 좋아 쌈으로 이용될 가능성이 많아지고 있다. 청경채(*Brassica campestris* var. *chinensis*)는 일본에서 가장 잘 정착된 중국채소로 그 대부분이 소비량이 많은 도시근교에서 재배되고 있다. 또 황궁채(*Basella rubra* L.)는 독특한 색깔로 사람의 눈길을 끄며 일본에서는 주로 관엽식물로써 혹은 과즙을 염료로 이용해 왔다. 그러나 중국채소가 주목되면서 건강채소의 하나로 재인식하게 되었다(Ryu와 Lee, 1998).

따라서 본 실험은 최근 쌈채소에 대한 소비자의

관심도는 높아지고 있으나 이들 쌈채소에 대한 연구는 미진한 편이라 고채, 청경채, 황궁채를 이용하여 양액 재배를 통한 생육은 그대로 유지하면서 질산염의 함량은 줄이고 ascorbic acid 함량은 유지시킬 수 있는지에 대한 재배가능성을 검토하기 위하여 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

본 실험은 고채(*Brassica juncea* L.)와 청경채(*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* Just), 황궁채(*Basella rubra* L.)를 공시하여 2001년 1월 9일부터 2002년 2월 28일까지 경상대학교 농과대학 부속농장내 유리온실에서 수행하였다. 파종은 공정 육묘용 혼합 상토(토실이상토, (주)신안그로)를 이용하였으며, 정식은 직경 100mm 플라스틱 화분에 본엽이 4~5매 전개되었을 때 하였다. 실험을 위한 재배방법은 pot 저면 급액 재배 방식(심지 재배)으로 하였다.

사용된 양액의 조성은 Mozafar(1996)의 양액 조성표를 응용하여  $\text{N}^-$  Free용액은  $\text{KCl}$  5000,  $\text{CaCl}_2$  5000,  $\text{MgSO}_4$  2000,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  1000,  $\text{Fe-EDTA}$  100,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25,  $\text{MnSO}_4$  2,  $\text{ZnSO}_4$  2,  $\text{CuSO}_4$  0.5,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$   $0.5\mu\text{mol/L}$ 로, Hoagland's nutrient solution은  $\text{KNO}_3$  5000,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  5000,  $\text{MgSO}_4$  2000,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  1000,  $\text{Fe-EDTA}$  100,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25,  $\text{MnSO}_4$  2,  $\text{ZnSO}_4$  2,  $\text{CuSO}_4$  0.5,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$   $0.5\mu\text{mol/L}$ 로 하였다. 그리고  $\text{N}^-$  Free용액 외의 질소 공급원으로  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 을 1.5mM/L와 15mM/L로, Hoagland's nutrient solution은 고채의 경우 배양액의 1배와 10배의 농도로, 청경채와 황궁채는 1배와 5배로 각각 처리하였다(Table 1). 수확 전 조정 양액의 조성은  $\text{NO}_3^-$ 를  $\text{Cl}^-$ 로 대체하였고, 양액의 pH와 EC는 정식 후부터 실험 종료일까지 매주 조사하였다.

정식 후 경과일수에 따른 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 지상부 생체중·건물중, 지하부 생체중·건물중은 정식 후 7, 14, 21 및 28일에 각각 조사하였으며, 질산염 함량은 Cataldo 등(1975)의 방법에 의하여  $70^\circ\text{C}$ 에 건조시킨 분말 0.1g을 증류수로 추출한 후  $45^\circ\text{C}$ 와 65rpm에서 3시간 여과한 후 5% salicylic acid에 의하

Table 1. Methods of treatment used in this study.

Symbols	Treatments
NA	N-Free medium.
NB	Continuous grown in 1.5 mM NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> .
NC	Continuous grown in 1.5 mM NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> and transferring to N-Free medium on 7 days before harvest.
ND	Continuous grown in 15 mM NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> .
NE	Continuous grown in 15 mM NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> and transferring to N-Free medium on 7 days before harvest.
HA	Continuous grown in 1 time Hoagland's nutrient solution.
HB	Continuous grown in 1 time Hoagland's nutrient solution and transferring to N-Free medium on 7 days before harvest.
HC	Continuous grown in 5 or 10 times Hoagland's nutrient solution.
HD	Continuous grown in 5 or 10 times Hoagland's nutrient solution and transferring to N-Free medium on 7 days before harvest.

여 발색시켜 40nm의 흡광도에서 측정 한 후 건물중으로 환산하였다. Ascorbic acid 함량은 분광광도계를 이용한 Hydrazine법(주, 1995)을 이용하였다. 식물체의 생체 10g을 5% metaphosphoric acid를 가한 후 원심분리기로 분리한 상등액을 0.03% DCP, 2% DNP, 85% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 로 발색시킨 후 520nm에서 측정하였다. 엽록소 함량은 총엽록소 농도 측정을 위해서 먼저 각 실험구에서 동일한 면적의 식물체 잎을 채취하여 생체중을 측정하고 80%(V/V) 아세톤용액으로 24시간 암상태에서 추출하였다. 그리고 추출한 용액을 분광광도계를 이용하여 645nm와 663nm의 흡광도로 측정 한 후 다음과 같은 식을 이용하여 총엽록소 농도를 산출하였다(Amon, 1949).

$$\text{엽록소 농도}(\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}\text{FW}) = \{(20.29 \times A_{645}) + (8.02 \times A_{663})\} \times \text{아세톤량}(\text{ml}) / \text{생체중}(\text{mg})$$

시험구 배치는 난괴법 5반복으로 하였으며, 측정된 결과는 SAS(Statistical Analysis System, v. 6.01, Cray, NC, USA)프로그램을 이용하여 통계분석을 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. pH와 EC의 변화.

전 실험기간 내 pH와 EC의 변화를 조사하였는데, pH는 시간이 지날수록 낮아지는 경향을 보였다. N-Free 용액에서 고체의 pH는 5.1~6.7의 범위로 생육 정지 현상을 보인 질소를 전혀 공급하지 않은 NA처리구를 제외한 나머지 처리구에서는 생육에는 별 지장이 없었으나, 반면에 Hoagland's nutrient solution에서는 4.8~6.4의 범위로 Hoagland's nutrient solution 10배 처리구인 HC와 HD처리구에서 정식 후 2주부터 염류과다로 인한 생육 저하 및 중지 현상이 보였다. 또한 EC의 경우에서도 HC와 HD처리구에서는 다른 처리구의 EC보다 10배 가량 높게 나타나 고체의 생육에 적합하지 않음을 알 수 있었다. 청경채와 황궁채의 경우에는 N-Free 용액의 처리구에서는 pH 5.9~6.7의 범위로 생육에는 아주 적합하였고, Hoagland's nutrient solution의 처리구에서는 pH 5.5~7.0 정도였다. 양액재배에서 있어서 근권내의 pH는 여러 요인에 의하여 영향을 받아 변하기 때문에 항상 적정 수준의 pH가 될 수 있도록 관리하는 것이

작물의 생산성과 품질유지에 필수적인 과정이라고 볼 수 있다.

N-Free 용액과 Hoagland's nutrient solution의 1배 처리구의 EC는 각각 3.6~4.5ms/cm과 2.5~2.7ms/cm이었으나 5배 처리구에서도 10.5~11.5ms/cm정도로 청경채와 황궁채의 생육에는 적합하지 않았다(자료 미제시). 일반적으로 대개의 식물들은 2~4ms/cm의 범위에서 재배하는 것이 좋으며 채소나 화훼류의 종에 따라 내염성에 대한 차이가 나타나지만 그 이상의 경우에는 위조, 생육 억제, 열과 등의 현상이 일어나기 쉽다라고 한다(Bernstein, 1970).

2. 고체, 청경채와 황궁채의 초기 생육 및 엽록소, 질산염, 비타민 C의 함량.

Table 2와 3, Fig. 1은 고체, 청경채, 그리고 황궁채의 정식 당시의 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 지상부의 생체중과 건물중, 지하부의 생체중과 건물중, 엽록소 함량, 질산염과 비타민 C의 함량은 조사한 것이다. 50공 플러그 트레이에 육묘한 묘소질은 생육이 순조로운 양상을 보였으며 30일 정도의 육묘기간으로도 정식

에 적합한 것으로 생각된다. 그러나 청경채의 경우 육묘나 생육기간에 저온을 경험한 이후 고온에 의한 추대가 일어날 우려가 있고, 황궁채의 경우 단일조건에 의한 개화가 일어날 우려가 높았다.

박과 유(1998)에 의하면 고체의 비타민 C 함량은 생체 가식부 100g당 70mg, 황궁채의 경우에는 80mg이라고 하였는데, 본 실험에 들어가기 전 조사한 결과 각각 70mg과 55mg으로 비슷한 경향을 보였다.

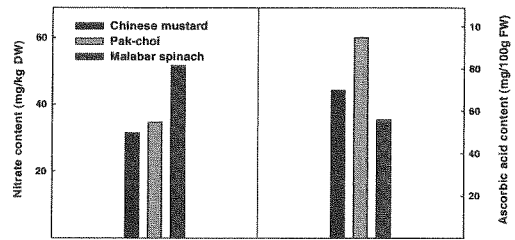


Fig. 1. Contents of nitrate and ascorbic acid in seedling of chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi(*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach(*Basella rubra* L.) at transplanting.

Table 2. The seedling growth characteristics in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi (*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach(*Basella rubra* L.) at transplanting.

Crops	Shoot height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves (No./plant)
Chinese mustard	11.6	10.5	3.5	4.9
Pak-choi	8.0	6.6	2.4	6.9
Malabar spinach	10.6	5.1	3.3	4.8

Table 3. Fresh or dry weight of shoot and root and chlorophyll contents in seedling of chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi(*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach(*Basella rubra* L.) at transplanting.

Crops	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		Chlorophyll content (µg · mg-1FW)
	Shoot	Root	Shoot	Root	
Chinese mustard	1.9	-	0.13	-	1.31
Pak-choi	2.6	0.4	0.32	0.08	0.86
Malabar spinach	5.9	0.5	1.60	0.16	0.57

3. 정식 후 고체, 청경채, 황궁채의 시기별 생육과 엽록소 함량 변화.

정식 후 경과일수에 따른 생육의 변화를 보면 N-Free medium과 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 15mM처리를 처리한 ND와 NE의 처리구와 Hoagland's nutrient solution의 1배를 처리한 HA와 HB의 처리구에서 다른 처리구에 비하여 다소 나은 생장을 보였다(Table 4, 5, 6, 7). NA처리구에서는 생육기간이 길어질수록 낙엽의 정도가 심하고 생육도 불량하였고, HC와 HD 처리구에서는 엽류의 과다로 황궁채의 경우에는 전 생육기간에 걸쳐 10.6cm에서 14cm로 거의 자라지 못하고 짙은 자주색을 띄었다.

일반적으로 질소가 풍부하면 줄기와 뿌리 등 식물체의 영양생장은 왕성하며, 과잉된 조건에서는 줄기와 잎만 무성하게 되고 엽록소함량이 증가하여 잎의 색깔이 진한 녹색이 되며, 광합성능력도 높아지고 이와 반대로, 질소가 부족하면 하위엽부터 식물전체가 황색을 나타낸다(변 등, 2001)라는 결과와 본 실험의 결과와 일치하는 현상을 볼 수 있었다. 그리고 질소의 공급을 중단한 기간이 길어질수록 잎과의 생육 저하가 크게 동반된다는 사실(박 등, 1997)과도 일치하는 경향을 나타냈다.

청경채의 경우에는 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 지상부의 생체중·지하부의 건물중 등 모든 생육면에 있어서 각 처리간에 뚜렷한 차이가 나타나지 않았지만 지하부의 생체중에서는 N-Free medium과 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 1.5mM을 처리한 NB와 NC 처리구와 Hoagland's nutrient solution의 1배를 처리한 HA와 HB의 처리구에서 다른 여타 처리구보다 무거웠다. 이는 적당한 양분의 공급으로 뿌리의 발생을 촉진시키고 과다한 엽류에 의한 장애를 덜 받은 것으로 생각된다.

반면에 고체와 황궁채의 NA 처리구와 HC와 HD의 처리구에서 지상부와 지하부의 생체중을 보면 거의 생체중이 증가하지 않았다. 토양 중의 엽류농도가 어느 수준 이상으로 높아지면 작물은 농도장애를 받아 생육이 억제되거나 생리장애가 유발된다. 이러한 엽류의 장애는 농도가 짙어짐에 따라 수분의 흡수가 저하되고, 심하면 세포의 기능이 저하되어 시들어 죽

게 된다. 엽류농도에 대한 저항성의 정도는 작물에 따라 다른 것으로 알려져 있는데 양배추, 시금치, 셀러리, 무, 배추 등이 강하고, 양파, 상추, 딸기 등은 약하다(이 등, 2001). 고체나 청경채의 경우에는 배추과에 속하는 작물로 본 실험에서의 고농도 엽류에 대한 저항성이 높아 생육의 저하정도가 적었지만 황궁채의 생육저하는 엽류에 대한 저항성이 낮아 생육이 좋지 않았을 것으로 생각된다.

고체의 엽록소 함량은 생육기간이 길어질수록 줄어드는 경향을 나타내는 반면, 청경채와 황궁채의 경우에는 엽록소의 함량변화가 거의 일어나지 않았거나, 질소 공급량에 따라 증가하는 처리구도 있었다.

4. 정식 후 고체, 청경채, 황궁채의 시기별 질산염과 비타민 C의 함량 변화.

질산염의 함량은 정식 후 시간이 경과함에 따라 질소 공급량에 의하여 증가하였다. 그러나 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>을 Cl-로 대체한 처리구에서는 질소 중단 이후 질산염이 급격하게 줄어드는 것을 볼 수 있었다(Fig. 2, 3, 4, 5). 엽채류에서 배양액 중의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>농도와 잎 내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>농도와는 어느 정도 비례관계가 있는 것으로 알려져 있는데 본 실험에서도 배양액 내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 농도가 높을수록 식물체내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 농도도 높은 경향을 보였다. 그리고 체내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 농도를 낮추기 위해서는 무엇보다도 먼저 배양액 중의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>농도를 낮추는 것이 필요하지만 그 외에 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 혼용도 효과적인 것으로 알려져 있다(이, 1998)

수확 전 질소 공급의 중단으로부터 고체의 NE처리구는 1033mg에서 924.3mg으로, 청경채는 HD처리구는 1235.2mg에서 484.2mg으로 질산염의 함량이 감소하였지만 황궁채의 경우에서도 비슷한 경향은 있었으나 여타 처리에 비하여 뚜렷하지는 않았다. McNamara 등(1971)은 같은 양의 질소 비료를 37종 식물에 시비한 후 알곡, 잎, 줄기 등에 대한 질산염 함량을 정량분석한 결과 서로 다른 종간에 나타난 질산염 함량은 식물의 부위별로 그리고 식물의 종류별로 큰 차이를 보이고 있다고 보고한 바 있다. 본 실험에서도 양액 내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 비율이 증가함에 따라

Table 4. Growth characteristics at 7 days after transplanting in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi(*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach(*Basella rubra* L.).

Crops	Treatments <sup>2)</sup>	Shoot height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves (No. / plant)
N-Free medium					
Chinese mustard	NA	14.4c <sup>y)</sup>	13.2b	4.5b	6.0a
	NB	17.3abc	15.2ab	5.9ab	6.7a
	NC	16.6bc	13.9b	5.5ab	7.0a
	ND	18.7ab	17.3ab	6.8a	7.0a
	NE	19.0ab	17.4ab	5.9ab	6.7a
Hoagland's nutrient solution					
Chinese mustard	HA	19.1ab	17.4ab	6.2ab	7.0a
	HB	17.0abc	15.9ab	6.0ab	6.3a
	HC	20.9a	18.9a	6.2ab	7.0a
	HD	16.8abc	16.1ab	5.6ab	6.7a
	N-Free medium				
Pak-choi	NA	11.9ab	9.5ab	4.3ab	12.4a
	NB	11.5ab	9.6ab	4.2ab	12.0a
	NC	11.4ab	9.1ab	4.2ab	11.6a
	ND	12.4a	9.9a	4.6a	11.6a
	NE	11.8ab	9.8a	4.4a	12.2a
Hoagland's nutrient solution					
Pak-choi	HA	11.1b	8.9b	3.9b	11.2a
	HB	11.8ab	9.8a	4.2ab	12.2a
	HC	11.0b	9.3ab	4.2ab	11.8a
	HD	12.4a	9.8a	4.4a	11.8a
	N-Free medium				
Malabar spinach	NA	11.2c	4.8de	3.2d	6.0abc
	NB	11.7bc	5.6b	3.9bc	5.5bc
	NC	12.0bc	5.5b	4.0b	7.0a
	ND	13.2a	5.4bc	3.8bc	6.5ab
	NE	11.2c	4.9de	3.6bcd	6.0abc
Hoagland's nutrient solution					
Malabar spinach	HA	12.1bc	5.4bc	3.6bcd	7.0a
	HB	12.6ab	6.3a	4.6a	5.5bc
	HC	9.7d	4.5e	3.2d	5.0c
	HD	11.8bc	5.0cd	3.3cd	5.5bc

2) NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.

y) Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

**Table 5. Growth characteristics at 14 days after transplanting in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi(*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach(*Basella rubra* L.)**

Crops	Treatments <sup>z)</sup>	Shoot height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves (No. / plant)
N-Free medium					
Chinese mustard	NA	13,3e <sup>y)</sup>	12.1f	4.5c	5,3d
	NB	18,9d	15,0ef	7,0bc	8,0bc
	NC	19,9d	18,2de	7,1bc	7,3c
	ND	26,3b	25,6ab	8,7ab	9,0abc
	NE	26,8b	23,2bc	8,8ab	9,3ab
Hoagland's nutrient solution					
	HA	31,9a	29,9a	11,8a	10,7a
	HB	28,1b	26,5ab	6,9bc	8,0bc
	HC	25,6bc	26,5ab	8,5ab	9,0abc
	HD	21,9cd	20,7cd	8,0bc	9,3ab
N-Free medium					
Pak-choi	NA	14,6a	11,3b	5,3b	13,2a
	NB	14,9a	11,8ab	5,4ab	13,6a
	NC	14,7a	11,5ab	5,5ab	13,2a
	ND	15,2a	12,2ab	6,1ab	13,6a
	NE	15,5a	12,6a	6,2a	14,2a
Hoagland's nutrient solution					
	HA	16,0a	11,4ab	5,5ab	14,6a
	HB	15,8a	12,4ab	5,8ab	14,6a
	HC	14,9a	12,2ab	6,0ab	14,8a
	HD	15,2a	12,4ab	6,0ab	14,6a
N-Free medium					
Malabar spinach	NA	13,5c	6,7f	6,0d	6,5c
	NB	14,7bc	7,4e	5,9d	9,5ab
	NC	16,7b	8,0d	7,2bcd	8,5abc
	ND	19,6a	9,9b	8,6ab	10,5bc
	NE	16,4b	9,2c	7,8abc	9,5ab
Hoagland's nutrient solution					
	HA	19,1a	10,6a	9,2a	9,5ab
	HB	16,9b	9,6bc	8,5ab	9,5ab
	HC	13,7c	7,6de	6,4cd	7,5bc
	HD	12,9c	7,8de	7,3bcd	7,0bc

z) NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.

y) Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

Table 6. Growth characteristics at 21 days after transplanting in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi(*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach(*Basella rubra* L.)

Crops	Treatments <sup>z)</sup>	Shoot height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves (No. / plant)
N-Free medium					
Chinese mustard	NA	12.2e <sup>y)</sup>	11.4f	4.1e	4.7e
	NB	21.9d	19.7e	7.4d	7.7d
	NC	25.0cd	23.4d	8.4cd	8.0d
	ND	38.1a	35.2b	14.2a	11.3abc
	NE	40.4a	36.8ab	13.6a	10.7abcd
Hoagland's nutrient solution					
	HA	42.9a	39.5a	13.6a	13.0a
	HB	40.7a	38.3ab	14.9a	12.0ab
	HC	30.0b	27.8c	10.6b	8.3cd
	HD	28.0bc	24.7cd	9.0c	9.7bcd
N-Free medium					
Pak-choi	NA	15.2c	12.3c	6.0c	15.4a
	NB	19.2ab	16.2a	8.2ab	16.4a
	NC	18.2b	15.3ab	7.3b	16.2a
	ND	19.3ab	16.0a	8.5a	16.8a
	NE	19.1ab	15.8a	8.4a	15.6a
Hoagland's nutrient solution					
	HA	19.1ab	14.9ab	7.9ab	16.0a
	HB	20.5a	16.5a	8.0ab	17.0a
	HC	17.7b	15.0ab	7.4b	17.2a
	HD	16.0c	14.1b	7.9ab	17.0a
N-Free medium					
Malabar spinach	NA	14.8e	8.1d	7.4e	8.0bc
	NB	21.4bc	10.6bc	9.6cd	9.0abc
	NC	23.5a	11.8a	10.5abc	9.5ab
	ND	22.6ab	11.4ab	10.0bc	10.0a
	NE	19.3d	9.9c	8.8d	8.0bc
Hoagland's nutrient solution					
	HA	18.5cd	11.4ab	11.0ab	10.0a
	HB	23.3a	11.8a	11.2a	10.0a
	HC	12.1f	6.0f	4.5g	8.5abc
	HD	13.0f	7.2e	6.1f	7.5c

z) NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.

y) Mean separation within columns by DMRT at 5% level.



**Table 7. Effect of nutrient solution substitution for 7 days before harvest on the growth characteristics in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi(*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach(*Basella rubra* L.)**

Crops	Treatments <sup>z)</sup>	Shoot height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves (No. / plant)
N-Free medium					
Chinese mustard	NA	14.6e <sup>y)</sup>	13.1d	5.3d	5.7e
	NB	34.4cd	30.3c	10.5c	11.3bc
	NC	31.3d	28.2c	10.2c	9.0d
	ND	40.0bc	29.0b	17.0b	13.0ab
	NE	48.4a	45.5a	20.0a	15.0a
Hoagland's nutrient solution					
	HA	47.3a	45.9a	21.8a	14.7a
	HB	45.1ab	44.5a	19.1ab	15.0a
	HC	32.5d	29.4c	11.0c	10.3cd
	HD	30.1d	26.5c	10.7c	9.3cd
N-Free medium					
Pak-choi	NA	14.6f	11.0g	6.0f	14.0e
	NB	19.2cd	16.0de	8.8cd	19.4abc
	NC	17.5e	13.9f	7.5e	17.2d
	ND	21.3a	18.4a	10.7a	19.8ab
	NE	20.9ab	17.3bc	10.2a	17.4cd
Hoagland's nutrient solution					
	HA	21.4a	17.5ab	9.5b	18.0bcd
	HB	19.9abc	17.3bc	9.4b	20.2a
	HC	18.1de	15.3e	8.4d	18.4abcd
	HD	19.7bc	16.4cd	9.1bc	18.2abcd
N-Free medium					
Malabar spinach	NA	20.5e	8.5d	6.4c	10.0cd
	NB	25.3d	11.8c	10.3b	10.5bcd
	NC	33.5a	11.9c	9.0b	12.5a
	ND	29.8c	15.3ab	13.7a	12.5a
	NE	30.8bc	14.7b	14.1a	12.0ab
Hoagland's nutrient solution					
	HA	33.1ab	16.0a	14.7a	12.5a
	HB	32.4ab	14.8b	13.2a	12.0ab
	HC	15.7f	5.8f	3.8d	11.0abc
	HD	14.0f	7.3e	6.2c	9.0d

z) NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.

NC, NE, HB and HD : Substitution of Cl<sup>-</sup> for nitrogen.

y) Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

Table 8. Growth characteristics and chlorophyll contents at 7 days after transplanting in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi(*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach (*Basella rubra* L.)

Crops	Treatments <sup>z)</sup>	Fresh weightDry(g/plant)		Dry weight(g/plant)		Chlorophyll content ( $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ FW)
		Shoot	Root	Shoot	Root	
N-Free medium						
Chinese mustard	NA	3.2b <sup>y)</sup>	- <sup>x)</sup>	0.22d	-	0.87 <sup>f</sup>
	NB	6.1ab	-	0.45bcd	-	0.70 <sup>i</sup>
	NC	5.9ab	-	0.43cd	-	0.87 <sup>g</sup>
	ND	8.7a	-	0.70abc	-	1.07 <sup>a</sup>
	NE	8.3a	-	0.73ab	-	1.83 <sup>h</sup>
Hoagland's nutrient solution						
	HA	8.8a	-	0.73ab	-	0.93 <sup>d</sup>
	HB	7.3ab	-	0.57bc	-	1.01 <sup>b</sup>
	HC	9.8a	-	0.90a	-	1.01 <sup>c</sup>
	HD	7.2ab	-	0.60bc	-	0.90 <sup>e</sup>
N-Free medium						
Pak-choi	NA	11.9a	2.1b	0.68a	0.15b	0.82 <sup>a</sup>
	NB	12.6a	3.3ab	0.72a	0.23ab	0.79 <sup>a</sup>
	NC	11.5a	2.1b	0.68a	0.21ab	0.97 <sup>a</sup>
	ND	12.1a	3.2ab	0.69a	0.24ab	0.93 <sup>a</sup>
	NE	13.5a	3.0ab	0.75a	0.24ab	0.81 <sup>a</sup>
Hoagland's nutrient solution						
	HA	10.1a	3.9a	0.55a	0.22ab	0.71 <sup>a</sup>
	HB	13.5a	2.8ab	0.76a	0.27a	0.81 <sup>a</sup>
	HC	11.2a	2.5b	0.65a	0.22ab	0.86 <sup>a</sup>
	HD	12.9a	3.1ab	0.71a	0.18b	0.86 <sup>a</sup>
N-Free medium						
Malabar spinach	NA	6.8ef	0.59cd	2.1cd	0.17cd	0.38ab
	NB	8.8cd	0.70ab	2.2bcd	0.18cd	0.36ab
	NS	9.9bc	0.76a	2.7ab	0.23ab	0.36ab
	ND	10.5ab	0.75a	2.8a	0.27a	0.36ab
	NE	8.7cd	0.66abc	2.2bcd	0.20bc	0.36ab
Hoagland's nutrient solution						
	HA	10.4ab	0.62bcd	2.3bcd	0.19c	0.33ab
	HB	11.4a	0.75a	2.5abc	0.24ab	0.29 <sup>b</sup>
	HC	6.0f	0.52d	1.6e	0.14d	0.32 <sup>b</sup>
	HD	7.7de	0.59cd	1.9de	0.18cd	0.49 <sup>a</sup>

z) NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.

y) Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

x) Non measured

Table 9. Growth characteristics and chlorophyll contents at 14 days after transplanting in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi(*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach (*Basella rubra* L.)

Crops	Treatments <sup>z)</sup>	Fresh weightDry(g/plant)		Dry weight(g/plant)		Chlorophyll content ( $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ FW)
		Shoot	Root	Shoot	Root	
N-Free medium						
Chinese mustard	NA	3,3e <sup>y)</sup>	- <sup>x)</sup>	0,31d	-	0,58b
	NB	10,8d	-	1,23c	-	0,58b
	NC	9,9de	-	1,31c	-	0,60b
	ND	15,9cd	-	1,94bc	-	1,25a
	NE	22,7bc	-	2,16b	-	1,24a
Hoagland's nutrient solution						
	HA	37,2a	-	3,28a	-	0,58b
	HB	23,4bc	-	1,54bc	-	0,63b
	HC	19,5bc	-	1,59bc	-	0,60b
	HD	24,4b	-	1,90bc	-	0,45b
N-Free medium						
Pak-choi	NA	19,8a	4,3a	1,05a	0,29abc	0,96a
	NB	21,1a	11,2a	1,08a	0,25abc	1,07a
	NC	20,5a	3,2a	1,07a	0,21c	0,94a
	ND	23,5a	3,1a	1,19a	0,23bc	1,09a
	NE	25,6a	3,6a	1,31a	0,26abc	1,10a
Hoagland's nutrient solution						
	HA	24,3a	4,6a	1,16a	0,34ab	0,92a
	HB	26,7a	4,2a	1,26a	0,36a	1,00a
	HC	25,a	3,3a	1,30a	0,28abc	1,03a
	HD	26,3a	4,0a	1,27a	0,23bc	0,99a
N-Free medium						
Malabar spinach	NA	14,7d	1,03a	6,2c	0,53b	0,28a
	NB	22,7c	1,21c	8,6b	0,55b	0,41a
	NS	21,9c	1,25c	9,2b	0,60b	0,25a
	ND	31,7b	1,58b	7,2c	0,54b	0,49a
	NE	33,5ab	1,62ab	11,2a	1,10a	0,36a
Hoagland's nutrient solution						
	HA	35,6a	1,78a	6,7c	0,55b	0,54a
	HB	36,4a	1,76a	8,6b	0,56b	0,41a
	HC	12,0d	0,87a	2,7d	0,26c	0,47a
	HD	13,1d	0,98a	2,7d	0,26c	0,33a

z) NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.

y) Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

x) Non measured

Table 10. Growth characteristics and chlorophyll contents at 21 days after transplanting in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi(*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach (*Basella rubra* L.)

Crops	Treatments <sup>2)</sup>	Fresh weight(g/plant)		Dry weight(g/plant)		Chlorophyll content ( $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ FW)
		Shoot	Root	Shoot	Root	
N-Free medium						
Chinese mustard	NA	3.3c <sup>y)</sup>	-	0.62e <sup>x)</sup>	-	0.10f
	NB	15.0bc	-	1.77d	-	0.08g
	NC	21.5bc	-	1.94d	-	0.18d
	ND	69.3a	-	5.02a	-	0.13e
	NE	82.7a	-	5.77a	-	0.43a
Hoagland's nutrient solution						
	HA	74.9a	-	4.12b	-	0.29c
	HB	85.9a	-	5.14a	-	0.17d
	HC	29.1b	-	3.15c	-	0.35b
	HD	25.3b	-	2.64cd	-	0.29c
N-Free medium						
Pak-choi	NA	27.6b	5.3a	1.77b	0.59a	0.77a
	NB	52.5a	4.4ab	2.50a	0.43bcd	1.20a
	NC	45.4a	4.6ab	2.22ab	0.45bc	1.04a
	ND	53.1a	3.1cd	2.47a	0.33de	0.99a
	NE	46.2a	2.7d	2.23ab	0.25e	1.27a
Hoagland's nutrient solution						
	HA	46.6a	3.3cd	2.15ab	0.36cde	1.02a
	HB	56.7a	4.1bc	2.61a	0.47b	1.12a
	HC	43.6a	2.6d	2.40ab	0.29e	0.90a
	HD	43.6a	2.9d	2.20ab	0.29e	1.01a
N-Free medium						
Malabar spinach	NA	25.0f	2.08d	9.7c	0.72b	0.34a
	NB	50.0d	3.20b	9.7c	0.71b	0.36a
	NS	76.6b	3.64a	16.4a	1.14a	0.41a
	ND	68.2c	3.07b	9.6c	0.79b	0.86a
	NE	42.4e	2.60c	12.5b	0.91b	0.94a
Hoagland's nutrient solution						
	HA	71.2bc	3.20b	11.8b	0.85b	0.83a
	HB	85.4a	3.84a	12.4b	0.79b	0.74a
	HC	13.0g	0.97e	3.0d	0.22c	0.36a
	HD	15.1g	1.11e	3.8d	0.29c	0.26a

z) NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.

y) Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

x) Non measured

**Table 11. Effect of nutrient solution substitution for 7 days before harvest on the growth characteristics and chlorophyll contents in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi (*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach(*Basella rubra* L.)**

Crops	Treatments <sup>z)</sup>	Fresh weightDry(g/plant)		Dry weight(g/plant)		Chlorophyll content ( $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ FW)
		Shoot	Root	Shoot	Root	
N-Free medium						
Chinese mustard	NA	6,2e <sup>y)</sup>	- <sup>x)</sup>	0,87d	-	0,11d
	NB	48,8d	-	4,86c	-	0,15b
	NC	38,2d	-	3,86c	-	0,16a
	ND	110,3c	-	7,85b	-	0,11e
	NE	183,0a	-	12,11a	-	0,14c
Hoagland's nutrient solution						
	HA	167,3ab	-	10,87a	-	0,09f
	HB	140,3b	-	12,08a	-	0,14c
	HC	41,6d	-	4,49c	-	0,15b
	HD	35,9d	-	4,42c	-	0,15b
N-Free medium						
Pak-choi	NA	29,6d	12,6a	2,31d	0,94a	1,27a
	NB	81,6a	13,3a	3,92ab	0,78a	1,20a
	NC	50,5c	10,5b	2,75cd	0,72a	1,34a
	ND	93,9a	5,8c	4,14a	0,39b	1,48a
	NE	83,6a	6,8c	3,57ab	0,42b	1,46a
Hoagland's nutrient solution						
	HA	78,2ab	7,3c	3,43abc	0,50b	1,21a
	HB	89,1a	10,1b	4,02a	0,78a	1,04a
	HC	56,8c	5,3c	3,16bc	0,49b	0,96a
	HD	64,1bc	6,1c	3,57ab	0,45b	0,91a
N-Free medium						
Malabar spinach	NA	31,0d	260d	13,5a	0,96a	0,34a
	NB	94,1c	4,26c	12,9a	1,02a	0,41a
	NS	79,5c	5,86b	14,4a	1,03a	0,36a
	ND	150,0b	6,93ab	10,9a	0,84ab	0,94a
	NE	160,9ab	7,18a	9,8ab	0,70abc	0,93a
Hoagland's nutrient solution						
	HA	179,9a	7,87a	11,5a	0,96a	0,74a
	HB	168,1ab	6,86ab	9,6ab	0,93a	0,83a
	HC	14,5d	1,16e	3,4c	0,33c	0,26a
	HD	21,4d	1,57de	5,2c	0,46bc	0,36a

z) NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.

NC, NE, HB and HD : Substitution of Cl<sup>-</sup> for nitrogen.

y) Mean separation within columns by DMRT at 5% level

x) Non measured.

체내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>함량이 높아졌는데, 그 원인은 뿌리를 통하여 왕성하게 흡수된 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>중 질소동화작용에 이용되지 못한 여분의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 액포에 저장되었기 때문인 것으로 생각된다.

일반적으로 생체 내 질산염의 함량이 증가하면 비타민 C의 함량은 감소하는 것으로 알려져 있는데, 본 실험에서는 고체의 경우는 정식 전 초기 조사시 함량보다 모든 처리구에서 증가하는 것으로 보였고, 청경채는 감소하는 경향을 보였다. 문과 이(1999)의 보고에 의하면 상추의 비타민 C의 함량이 생육초기에는 감소하다가 중기에 약간 증가하고 다시 후기엔 감소하는 경향을 보인다고 하였다.

이상의 결과로 N-Free medium과 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 1.5mM 혹은 15mM의 처리와 Hoagland's nutrient solution의 1배액을 이용하여 고체, 청경채, 황궁채의 정상적인 생육을 시킨 다음 수확 전 질소공급의 중단으로 식물체내 질산염의 함량을 줄일 수 있었으나, 질소 시비량과 ascorbic acid와의 상호 관계에 관한 대하여 좀 더 밝혀져야 할 것으로 생각된다.

인용 문헌

1. Arnon, D. I.(1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts, Polyphenoloxidase in Beta vulgaris, Plant Physiol, 24:1-15.
2. Bernstein, L.(1970), Salt tolerance of plants, Agri. inform. Bull. No. 283.
3. Cataldo, D. A, M. Haroon, L. E. Schrader and V. L. Youngs(1975), Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun. Soil Sci. Plant Anal, 6:71-80.
4. Kim, H. J. and Y. S. Kim(1998), Effects of nitrogen starvation on quality of crisp lettuce in deep flow culture, J. Bio. Fac. Env. 7(3):253-258.
5. Lee, E. H., B. Y. Lee, J. W. Lee, K. D. Kim, and Y. S. Kwen(1998), Nitrate content and activities of nitrate reductase and glutamine synthetase as affected by plant age, leaf position,

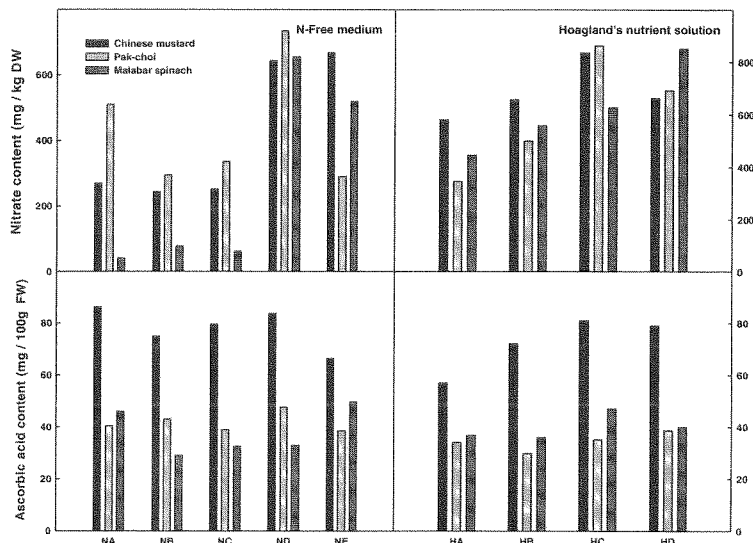


Fig. 2. Contents of nitrate and ascorbic acid at 7 days after transplanting in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi(*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach(*Basella rubra* L.).  
 NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.

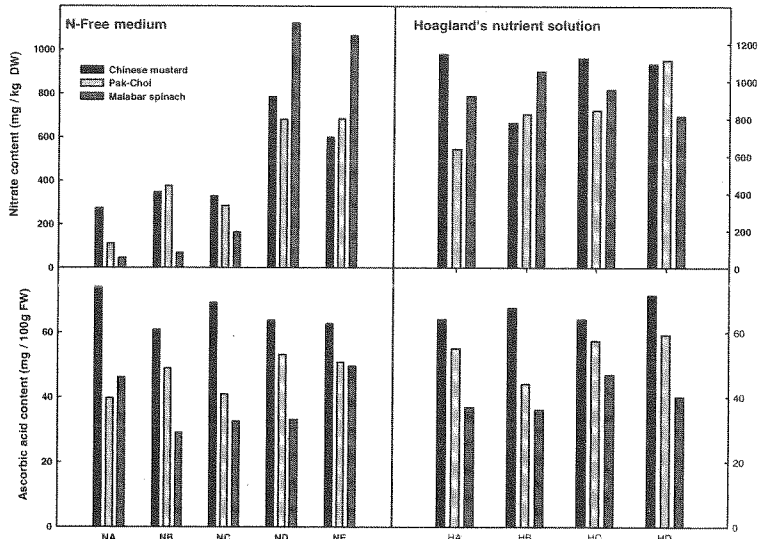


Fig. 3 Contents of nitrate and ascorbic acid at 14 days after transplanting in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi(*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach(*Basella rubra* L.).  
 NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.

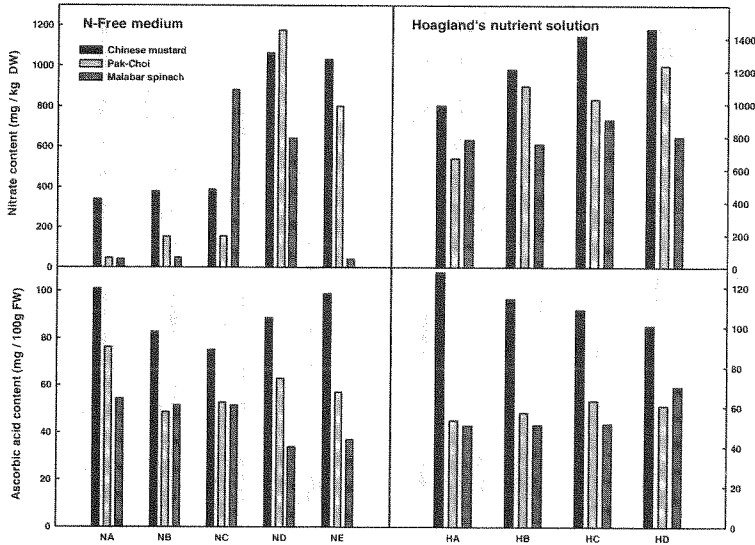


Fig. 4. Contents of nitrate and ascorbic acid at 21 days after transplanting in chinese mustard (*Brassica juncea* L.), pak-choi (*Brassica campestris* var. *chinensis*), and malabar spinach (*Basella rubra* L.).  
 NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.

- time of day of leaf lettuce and water dropwort grown with hydroponics, J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:149-151.
6. Maynard, D. N., A. V. Baker, P. L. Minotti and N. H. Peck(1976), Nitrate accumulation in vegetables, Adv. Agron, 28, p 71~118.
  7. McNamara, A., L. A. Klepper and K. H. Hageman(1971), Nitrate content of seeds of certain crop, plants, vegetables, and weeds, J. Agr. Food. Chem. 19:540-542.
  8. Mozafar, A.(1996), Decreasing the NO<sub>3</sub> and increasing the vitamin C contents in spinach by a nitrogen deprivation method, Plant Foods for Human Nutrition 49:155-163.
  9. Mun, B. H. and B. I. Lee(1999), Changes of nitrate and ascorbic acid content in leaf lettuce treated with different concentration and composition of nutrient solution along growth stage, Kor. J. Hort. Sci. Technol. 17:628.
  10. Mun, B. H. and B. Y. Lee(2001a), Changes of nitrate and ascorbic acid in hydroponically grown water dropwort (*Oenanthe stolonifera* DC.) and lettuce (*Lactuca sativa* L.) as affected by nutrient solution conditioning before harvest, J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:60-64.
  11. Mun, B. H. and B. Y. Lee(2001b), Effects of nutrient solution substitution and photoperiod control before harvest on reduction of nitrate content in hydroponically grown water dropwort(*Oenanthe stolonifera* DC.), J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:65-69.
  12. Park, K. W. and K. O. Ryu(1998), Functional and healthful ssam vegetable(in Korean), p. 32-187. Herb World Press.
  13. Park, K. W. and K. O. Ryu(2000), Functional vegetable(in Korean), p. 25-183. Herb World Press.
  14. Park, K. W., J. H. Lee, Y. G. Park and H. M.

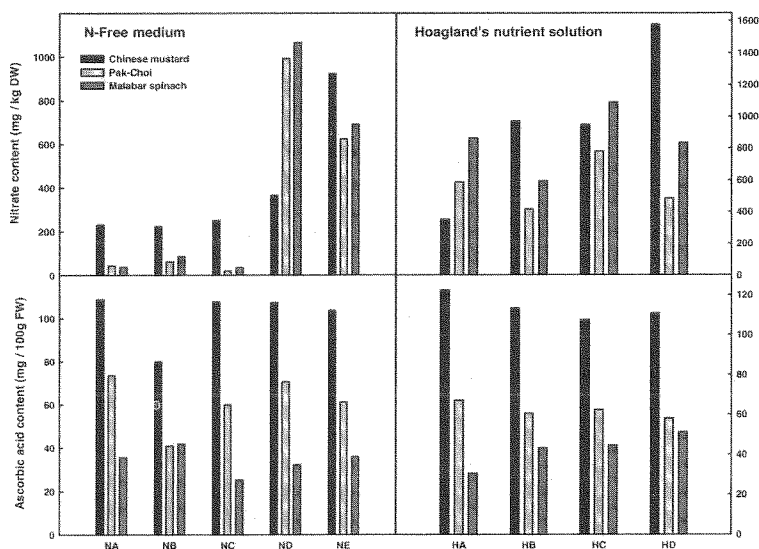


Fig. 5. Effect of nutrient solution substitution for 7 days before on the contents of nitrate and ascorbic acid after transplanting in chinese mustard(*Brassica juncea* L.), pak-choi (*Brassicacampestris* var. *chinensis*), and malabar spinach(*Basella rubra* L.)  
 NA, NB, NC, ND, NE, HA, HB, HC, HD : See the Table 1.



- Kang(1997a), Effects of non-supply periods fertilizer before harvest on growth and nitrate contents of welsh onion (*Allium fistulosum* L.), J. Kor. Soc. Hort. Sci. Horticulture Abstracts, pp. 129-130.
15. Park, K. W., Lee, J. H., Park, Y. G. and H. M. Kang(1997b), Effects of NO<sub>3</sub>-N concentration in nutrient solution on growth and nitrate contents of welsh onion (*Allium fistulosum* L.), J. Kor. Soc. Hort. Sci. Horticulture Abstracts, pp. 123-124.
16. Ryu, K. O. and S. S. Lee(1998), The New Illustrated Vegetable book (in Korean), p. 31-275. Herb World Press.
17. Wright, M. J. and K. L. Davision, Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals, Cornell University. 97~247.
18. 박권우, 김영식(1998), 양액재배 pp36, 아카데미서적.
19. 변종영 외(2001), 작물생리학, 향문사.
20. 원경풍, 김낙경, 소유섭, 정소영, 윤희경, 류근재, 전영민, 김은엽, 장문익(1997), 채소류 중 질산염 함량에 관한 연구, 식품의약품안정청연보, 제1권 Vol. 1, p 50~56.
21. 이병일 외(2001), 채소원예총론, 향문사.
22. 이응호(1997), 엽채류 양액재배에서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>함량 저하 기술(한국양액재배연구회 춘계 심포지움), pp 204-217.
23. 주현규, 조광행, 박충균, 조규성, 채수규, 마상조, (1995), 식품분석법, p409-413.
24. 황대우(1993), 반추가축의 질산염중독증에 관한 문헌적 고찰, 한국수의공중보건학회지, Vol. 17.

