

## 결구상추의 수경재배시 배양액내 질소량의 조절이 葉中 nitrate 함량에 미치는 효과

김 혜 진 · 김 영 식\*  
상명대학교 원예과학과

### Effect of Total Nitrogen on the Nitrate Content of Crisp Lettuce Leaf in Deep Flow Culture

Kim, H. J. · Kim, Y. S.\*

Department of Horticultural Science, Sangmyung University, Chonan 330-180

#### Abstract

To reduce leaf nitrate content, lettuce plants(*Lactuca sativa* var. *capitata*) were grown in deep flow culture. Nitrogen concentrations were controlled to 1 (6.5me/l), 3/4 (4.9me/l), 2/4 (3.3me/l), and 1/4 strength(1.6me/l) of Yamaziki's nutrient solution from 7 days before harvest. The pH of nutrient solution was maintained at high level between 7.2 and 8.4. The values of pH and EC were increased with the nitrogen concentration in the nutrient solution. The nitrate contents were lowest at the treatment of 1/4 strength, but not significantly different among other treatments. The nitrate content was lower in outer leaves than in head leaves. The weight and diameter of head and shoot weight were lowest at the treatment of 1/4 strength.

---

주 제 어 : 양액재배, pH, EC, 질산태 질소함량, 생체중

Keywords : hydroponics, pH, EC, NO<sub>3</sub>-N, fresh weight

\* Corresponding author

서 론

재료 및 방법

수경재배에 의하여 엽채류를 생산하는 경우 생육 촉진만을 중시하면 엽중 질산태 질소 함량이 높아지는 현상이 생기기 쉽다. 이는 질소가 생장에 가장 크게 관여하는 영양소인 동시에 다른 영양소에 비해 흡수속도가 빠르기 때문이다. 엽채류의 경우, 엽중 질산태 질소 함량은 가식허용기준이 정해질 정도로 품질을 결정하는 중요한 요인이다. 식물체내에 존재하는 질산태 질소는 생육에 필요한 질소원으로 이용되기 때문에 그 자체로는 해가 없으나 질산태 질소 함량이 높은 채소를 동물이나 인간이 섭취하게 되면 체내에서 유해한 물질로 합성되는 것이 알려져 있다 (Forman 등, 1985; Maynard 등, 1976; Wright 등, 1964). 그래서 최근 유럽 각국에서도 출하된 엽채류의 질산태 질소 함량을 적극적으로 규제하고 있는 추세다.

수경방식에서 질소공급의 중단(Boon과 Steenhuizen 1986; Boon 등, 1990; Burns, 1990), 질소형태의 변화(Ikeda와 Osawa, 1981; Iwata, 1983; 문, 1996; 박 등, 1994), 질소 공급량의 변화(Andersen과 Nielsen, 1992) 등을 통하여 엽중 nitrate 함량을 감소시키려는 연구가 행해지고 있으며, 또한 광(Bloom-Zandstra와 Lampe, 1992; Kanaan, 1992; Scaife 등, 1994; Steingrover, 1986a)이나 온도(Behr 등, 1992; Cantliffe, 1972) 등의 생육환경요인을 조절하여 nitrate 함량을 낮추는 연구가 진행되고 있다.

전 실험(김과 김, 1998)에서는 수확 7일 전에 질소공급을 중단하는 것이 엽중 nitrate 함량을 감소시키는데 효과적이었으나, 생육의 저하를 초래하였다. 본 실험에서는 결구상추의 상품성을 유지시키면서 엽중 nitrate 함량을 감소시키는 방법으로, 질소공급을 중단시키지 않고 全窒素의 공급량을 조절하는 방안을 모색하고자 하였다.

본 실험은 1998년 1월 23일부터 1998년 5월 3일까지 상명대학교 원예과학과 수경재배전용 유리온실에서 수행하였다. 공시작물은 결구상추(*Lactuca sativa* var. *capitata*)인 'Sacramento'(Takii 종묘)를 사용하였다. 98년 1월 23일에 폴리우레탄 스폰지(2.2×2.2×2.2cm)에 2mm 깊이로 파종하였으며, 2월 2일에 육묘베드(스티로폼제, 가로 120×세로 240×높이 10cm)에 이식하고, Yamazaki 상추 배양액 1/2농도를 공급하였다. 2월 22일에 실험베드에 정식한 후부터 배양액의 농도를 3단계로 조정하여 3일 간격으로 점차 농도를 높여 3월 1일에는 표준농도로 조정하였다. 받아놓은 수돗물을 24 이상 방치한 후, pH를 6.5로 조정하여 용수로 사용하였다. 실험베드는 스티로폼제로, 가로 240cm, 세로 20cm, 높이 10cm였으며, 재식거리는 25cm, 줄간격은 40cm였다. 양액재배방식은 담액수경이었다. 처리전에는 시간당 15분동안 배양액을 순환시켰으며, 처리기간 중에는 연속적으로 순환시켰다.

실험처리는 수확 7일 전에 질소의 농도를 Yamazaki 상추 배양액 조성의 1배(6.5me/l, N-4), 3/4배(4.9me/l, N-3), 2/4배(3.3me/l, N-2), 1/4배(1.6me/l, N-1)로 하였다. 질소 이외의 성분은 Yamazaki 상추 배양액 조성과 동일하였다. 질소의 양을 줄이기 위해 기존의 KNO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4 H<sub>2</sub>O, NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 대신 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>을 사용하였다. 처리개시는 4월 26일이었으며, 각 처리구마다 분석을 위하여 종료시에 배양액 500ml 이상씩을 채취하였다. 실험 종료 후 지상부를 무작위로 4개체씩 추출하여 생체중을 조사하였다. 잎은 결구되지 않은 겉잎(Outer), 결구된 겉잎(Middle), 결구된 속잎(Inner)으로 분리하여 분석하였다. 결구된 잎중에서 초록색에 가까운 것은 겉잎에

포함시키고 노란 색에 가까운 것은 속잎으로 나누었다. 각 부분을 명확히 구별하기 위하여 경계에 있는 잎은 5엽 정도씩 제거한 후, 무게와 엽중 nitrate 함량을 측정하였다. 또한 결구부의 폭과 무게를 측정하였다. 엽중 nitrate 함량 분석은 spectrophotometer(UV-160A, SHIMADZU)를 이용하여 처리당 4반복으로 하였으며, 결과는 생체중 단위로 환산하여 나타내었다. 배양액 분석은  $\text{NO}_3$ 와  $\text{PO}_4$ 는 spectrophotometer를 사용하고 K, Ca,  $\text{NH}_4$ 는 ion meter(TOA, IM-40S)를 사용하였다.

### 결과 및 고찰

처리 전반에는 질소농도에 관계없이 배양액의 pH가 비슷한 수준을 유지하였으나, 처리 후반으로 갈수록 N-1은 점차적으로

저하하였고 N-4와 N-3은 계속적으로 상승하였으며, N-2는 N-1과 같이 저하하다가 후에 점차 상승하였다(Fig. 1). 그러나 전반적인 pH 수준은 처리구에 관계없이 7.2~8.4로 비교적 높았다. 이상의 결과로 N-4와 N-3은 다른 처리구들에 비해 질산태 질소의 양이 많기 때문에 pH가 올라가는 현상을 보이고, 반면에 N-2와 N-1은 질산태 질소의 양이 적어 점점 감소하는 경향을 보이는 것으로 판단된다.

배양액의 EC는 질소의 양이 많은 처리구에서 높은 수치를 나타냈으나 처리 후반에는 비슷한 수치를 나타냈다(Fig. 2). 처리 후반에는 처리구에 관계없이 EC가 서서히 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 질소가 흡수속도보다 약간 부족하게 공급된 것을 시사한다.

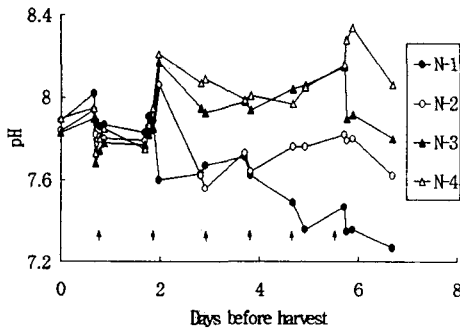


Fig. 1. Change of pH in nutrient solution. N-4: Standard concentration of nitrogen, N-3: 3/4 of N-4, N-2: 2/4 of N-4, N-1: 1/4 of N-4. Arrows show the time to supply solution.

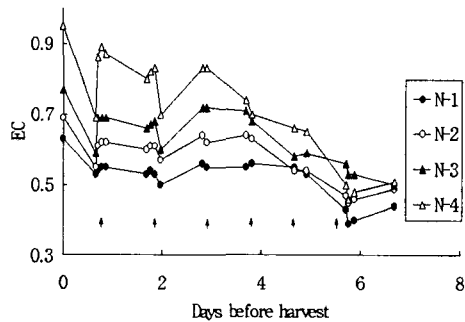


Fig. 2. Change of EC in nutrient solution. N-4: Standard concentration of nitrogen, N-3: 3/4 of N-4, N-2: 2/4 of N-4, N-1: 1/4 of N-4. Arrows show the time to supply solution.

엽중 nitrate 함량은 전질소량이 적을수록 낮은 경향을 보였다(Table 1). N-4와 N-3 처리구간에는 유의성은 없었으며, N-2와 N-1 처리구에서 결구되지 않은 결잎의 질산태질소 함량이 상당히 낮았다. 식용부위인 결구된 결잎과 속잎의 함량 차이는 별로 없었으며, 결구되지 않은 결잎에 비하여 함량이 높았다(Table 1). 그 이유는 nitrate 함량은 광과 반비례적인 관계에 있는데(Scaife와 Schloemer, 1994), 결잎이 광을 받는 곳이기 때문에 광도가 높거나 광량이 많으면 그 함량이 낮아지기 때문이다(Bloom-Zandstra와 Lampe, 1985;

Table 1. Nitrate contents(mg NO<sub>3</sub>/kgFW) according to the change of total nitrogen concentration of different parts of leaves.

Part <sup>2</sup> of leaves	Treatment			
	N-4	N-3	N-2	N-1
Outer	700 a <sup>y</sup>	177 b	70 c	37 c
Middle	1006 a	879 a	833 a	604 b
Inner	987 a	986 a	832 b	608 c

<sup>2</sup> Inner: yellow leaves in head, Middle: green

leaves in head, Outer: leaves out of head

<sup>y</sup> Mean separation within row by Tukey test, 5% level.

Boon 등, 1990; Kanaan과 Economakis, 1992; Steingrover 등, 1986a; Steingrover 등, 1986b; Scaife와 Schloemer, 1994)

수확시의 배양액을 분석한 결과, 배양액 내에는 질산태 질소, 암모니아태 질소, 칼륨과 인은 거의 남아있지 않았다. 칼슘의 경우 처리구간에 큰 차이는 없었으나 N-1 처리구에서 가장 낮았고 N-2 처리구에서 가장 많이 남아있었다(Fig. 3). 이것은 배양액 내에 있는 대부분의 다량원소는 식물체가 거의 모두 흡수했으나 칼슘의 경우 흡수량보다 많은 양이 공급되었기 때문으로 사료된다. 조사한 다량원소 즉, 질산태 질소, 암모니아태 질소, 칼륨, 인, 칼슘 등을 당량별로 환산하여 합한 결과, N-1 2.62, N-2 3.64, N-3 3.27, N-4 3.18 me/L로 수확직후 배양액내 EC 양상과 비슷한 경향을 보였다. 이는 수확직후 배양액내 칼슘의 존재량과도 유사하므로, 상추의 경우 단순히 배양액내 EC를 기준으로 배양액 상태를 판단하기보다는 배양액의 EC에 크게 영향을 미치는 칼슘과 같은 영양소와 흡수가 빠른 다른 영양소(질산태 질소, 암모니아태 질소, 칼륨 등)를 분리하여 배양액의 현 상태를 판단해야 할 것으로 사료된다. 또한, 이 경우 황산의 양을 간과해서는 안 될 것으로 사료된다.

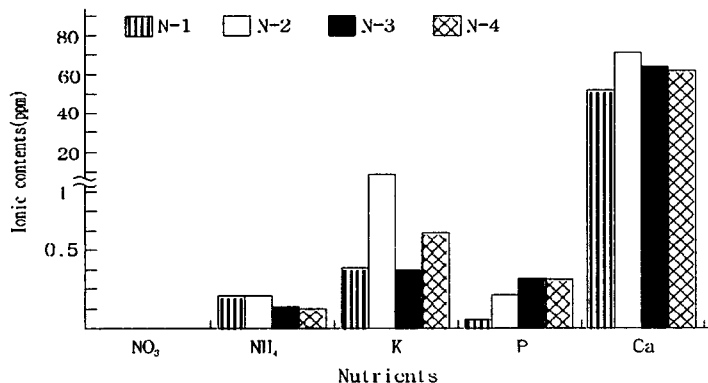


Fig. 3. Ionic contents in nutrient solution after harvest. N-4: Standard concentration of nitrogen, N-3: 3/4 of N-4, N-2: 2/4 of N-4, N-1: 1/4 of N-4. the time to supply solution.

결구부의 폭, 무게 및 지상부중은 처리간에 유의성은 없었으나, N-1에서 낮은 경향을 나타내고 N-2에서 높았다(Fig. 4). 즉, 생육말기라 할지라도 질소의 공급은 필요하지만(김과 김, 1998), 그 정도는 생육이 왕성한 시기보다 적은 것을 알 수 있었다.

3/4배(4.9me/l), 2/4배(3.3me/l), 1/4배(1.6me/l)로 처리해 주었다. 배양액 pH는 전반적으로 7.2~8.4로 높은 수준을 유지하였다. 질소의 양이 많을수록 pH와 EC는 상승하였다. 엽중 nitrate 함량은 1/4배 처리구에서 가장 낮았으며, 다른 처리구 사이에는 유의성이 없었다. 처리에 관계없이

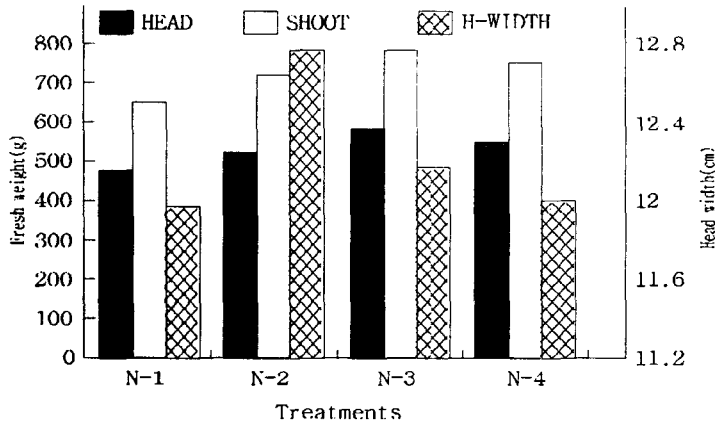


Fig. 4. Fresh weights and head width after harvest. N-4: Standard concentration of nitrogen, N-3: 3/4 of N-4, N-2: 2/4 of N-4, N-1: 1/4 of N-4.

이상의 결과로부터, N-1을 제외하고는 처리구간에 크게 차이가 없었으므로 수확 7일전에 질소의 양을 조절할 경우 질소의 함량을 3.3me/l (N-2 처리구)로 하는 것이 품질을 유지시키면서 질산태질소의 함량을 낮출 수 있는 방안이라고 사료된다. 단, 질소량을 조절할 경우에는 배양액의 pH가 변화하므로, 앞으로 pH를 안정적인 수준으로 조절하면서 엽중 nitrate 함량을 줄임과 동시에 품질을 향상시키는 연구가 수행될 필요가 있다.

적 요

결구상추의 엽중 nitrate 함량을 줄이고자 수확 7일전 Yamazaki 상추 배양액에 포함되어있는 질소의 양을 조절하였다. Yamazaki 상추 배양액내의 질소를 1배(6.5me/l),

결구되지 않은 결잎이 결구된 잎보다 nitrate 함량이 낮았다. 결구부의 무게, 폭 및 지상부중은 1/4배 처리구에서 가장 낮은 경향을 보였다.

인용문헌

1. 김혜진, 김영식. 1998. 결구상추의 수경 재배시 수확전 질소중단이 품질에 미치는 영향. 생물생산시설환경 7(3) : 253-258.
2. 문보흠. 1996. 수경재배 미나리의 체내 질산태 질소 수준 저하 방법과 품질에 관한 연구. 서울대학교 대학원 원예학과 석사논문.
3. 박권우, 이정훈, 장매희. 1994. 양액내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N:NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N비가 잎과의 생육과 품질에 미치는 영향. J. Bio. Fac. Env. 3 : 99-105.

4. Andersen, L. and N.E. Nielsen. 1992. A new cultivation method for the production of vegetables with low content of nitrate. *Scientia Horticulturae* 49 : 167-171.
5. Behr, U. and H.J. Wiebe. 1992. Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. *Scientia Horticulturae* 49 : 175-179.
6. Bloom-Zandstra, M. and J.E.M. Lampe. 1985. The role of nitrate in the osmoregulation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown at different light intensities. *J. Exp. Bot.* 36 : 1043-1052.
7. Boon, J. Van der, and J.W. Steenhuzen. 1986. Nitrate in. Lettuce on Recirculating Nutrient Solution. *Acta Hort.* 178 : 67-72.
8. Boon, J. Van der, J.W. Steenhuzen and E.G. Steibgrover. 1990. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration,  $\text{NH}_4/\text{NO}_3$  ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. *J. Hort. Sci.* 65(3) : 309-321.
9. Burns, I.G. 1990. The effects of continuity of early nitrogen nutrition on growth and development of *Lactuca sativa*. *Plant nutrition-physiology and applications*, p. 545-549.
10. Cantliffe, D.J. 1972a. Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97 : 152-154.
11. Forman, D., S. Al-Dabagh and R. Doll. 1985. Nitrates, nitrites and gastric cancer in Great Britain. *Nature* 313 : 620-625.
12. 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.
13. Iwata, M. 1983. Effects of nitrogen sources and nitrogen supplied period on the growth, yield, and quality of vegetable crops. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 24 : 265-275.
14. Kanaan, S.S. and C.D. Economakis. 1992. Effect of climatic conditions and time of harvest on growth and tissue nitrate content of lettuce in nutrient film culture. *Acta Hort.* 323 : 75-80.
15. Maynard, D.N., A.V. Barker, P.L. Minotti and N.H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Advances in Agronomy* 28 : 71-118.
16. Scaife, A. and S. Schloemer. 1994. The Diurnal pattern on nitrate uptake and reduction by spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Ann. Bot.* 73 : 337-343.
17. Steingrover, E., P. Ratering and J. Siesling. 1986a. Daily changes in uptake, reduction and storage of nitrate in spinach grown at low light intensity. *Physiol. Plant.* 66 : 550-556.
18. Steingrover, E., P. Ratering and J. Siesling. 1986b. Effect of one night with "low light" on uptake, reduction and storage of nitrate in spinach. *Physiol. Plant.* 66 : 557-562.
19. Wright, M.J. and K.L. Davison. 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. *Advances in Agronomy* 16 : 197-247.