

완전제어형 식물공장에서 저칼륨 상추 생산을 위한 적정 칼륨 농도 조성 및 처리시기 개발

최영배 · 신종화*
안동대학교 원예육종학과

Development of Potassium Concentration of Nutrient and Supply Method for Low Potassium Lettuce Production in a Closed-type Plant Factory System

Young Bae Choi and Jong Hwa Shin*

Department of Horticulture and Breeding, Andong National University, Andong 36729, Korea

Abstract. Potassium in vegetables is known to have an adverse impact on a patient with chronic kidney disease. However, since vegetables also contain many other nutrient, consumption of vegetables by these patients is inevitable. The objective of this study was conducted to develop a fresh lettuce which contains low level of potassium for nephropathy in a closed-type plant factory system. Lettuce of “Charles” was used for experiment. The plants were cultivated in hydroponic system with a 16-h photoperiod at 15-21°C, 65% RH, 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (LED W:R, 9:1) and 600-650 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ CO₂ during 28 days. Nutrient solution which contains 1%, 5% and 10% potassium compared to conventional composition were supplied at 1 week and 2 weeks before harvest. The content of potassium and macro elements in leafy vegetables were analyzed by ICP emission spectroscopy after harvest. The potassium content in leaf of the 2 weeks before harvest treatment was significantly lower at than control. There were no significant differences between control and treatments in fresh weight and number of leaves. But there were differences among treatments. Considering the vegetable amounts consumed by nephropathy patients, the supply of nutrient which contain 1% and 5% potassium at 2 weeks before harvest was suitable for low potassium lettuce production. This study indicated that low potassium lettuce could be produced by developed nutrient composition and supply method.

Additional key words : chronic kidney disease, hydroponic, hyperkalemia, inorganic content, nutrient solution

서 언

한국 채소 생산량은 2016년 기준 5,270,936ton이며, 한국인 1인당 채소 섭취량은 평균 303.7g·day⁻¹로 이는 식사의 약 20%의 수준이다(Hwang 등, 2014; Lee 등, 2016). 사람은 채소로부터 비타민, 무기질, 식이섬유 등을 공급받아 채소의 섭취비용을 늘리는 것은 비만, 대사 증후군을 유의하게 낮춘다고 보고하고 있고, 특히 무기질 중 칼륨은 채소에서 약 30%를 공급받아(Lee 등 2013, Lee 등, 2017) 인체 세포액 내 다량으로 존재하여 근육과 신경의 기능을 조절하기 때문에 하루 3,500 mg의 섭취량을 권장하고 있다(KNS, 2015).

그러나 신장의 기능이 저해된 만성신부전환자의 경우 섭취한 칼륨을 정상적으로 배설하지 못하므로 혈중 칼륨

농도가 높아지고(Lim, 2006), 특히 혈액투석을 요하는 환자의 경우 고칼륨혈증의 위험으로 칼륨섭취량을 일일 40 mg·kg⁻¹이하로 제한이 필요하다(NKF, 2009). Woo 등 (2014)은 채소의 섭취량과 혈청 칼륨농도의 상관관계 연구에서 채소류 섭취량에 따라 혈청 칼륨농도가 유의하게 높아진다고 하였는데 칼륨 함유량이 높은 채소를 주로 섭취하는 환자의 경우 혈청 칼륨농도가 5.43±0.45meq·L⁻¹로 나타났으며, 이는 정상 혈청 칼륨농도 범위인 3.7-5.3meq·L⁻¹를 벗어나는 수준이다.

만성신부전 환자에게 대한 채소섭취에 있어서 한국영양학회(The Korean Nutrition Society)는 채소를 삶아서 칼륨을 용출시키고 조리하고 섭취할 것을 권장하고(KDA, 1997) 투석환자 식단의 경우 생채소를 공급하지 않고 있다. 그러나 생채소의 제한은 신장환자의 영양조사에서 비타민C와 엽산부족을 야기한다고 보고되었으며(Lee and Lee, 2016), 이는 권장섭취량의 약 60% 수준이다. 가족과 다른 제한된 환자식은 삶의 질 또한 감소시

*Corresponding author: shinjh@andong.ac.kr

Received October 24, 2017; Revised December 22, 2017;

Accepted December 29, 2017

킨다. 따라서 만성신부전환자의 혈중 칼륨농도를 높이지 않으면서 추가적인 생체소 섭취가 요구된다.

생체소로 이용하는 작물 중 특히 상추(*Lettuce sativa* L.)는 엽채류 시설재배면적이 가장 많으며 전체 쌈 채소 중 가장 많은 점유율을 나타내고 있어(KOSIS, 2014) 연중 안정적으로 생산이 가능한 시스템에서 공급이 된다면 수요가 많을 것으로 예상되는 작물이다.

Choi 등(2004)은 계면활성제 처리가 상추 내 칼륨함량에 유의한 영향을 미쳤다고 보고하였고 Shin 등(2012, 2014)은 광원에 따른 상추 내 무기함량 차이 분석에서 Red 광원이 칼륨을 낮추는 경향은 있으나 유의적인 차이는 없었다고 보고하였다. Yun 등(1997)은 양액조성에 따른 상추의 무기함량 변화에서 양액의 칼륨당량 변화가 상추 잎의 칼륨함량에 영향을 미친다고 보고하였는데 이는 양액조성을 통한 칼륨의 조절이 저칼륨채소 생산을 위해 적합함을 시사한다. Cheong 등(2015)은 상추 양액재배에 있어서 칼륨을 완전히 결제한 양액처리가 식물의 생육을 40% 가량 저해시킨다고 보고한 바 있다. 저칼륨 채소 생산을 위한 양액조성의 연구에서 Ogawa et al.(2007)은 양액 중 KNO₃을 NaNO₃로 대체하는 방법으로 저칼륨 채소를 생산할 수 있다고 하였으나 생체소 내 나트륨함량을 유의하게 높게 되며, 신장환자는 나트륨의 제한 또한 필수적이므로 실용적인 한계가 있었다.

식물 내 칼륨은 다량원소로 효소의 활성화, 광합성작용, 기공개폐와 삼투압조절 등에 관여하고 있어(Leigh and Wyn, 1984; Marschner, 2011) 결핍되면 생육이 저해되고(Besford, 1975) 병해충의 위험이 증가한다(Amtmann, 2008). 따라서 본 연구는 완전제어형 식물공장에서 신장환자들을 위한 칼륨함량이 낮은 상추의 생산을 위해 적정 양액처리 방법을 규명하고자 진행되었다.

재료 및 방법

1. 식물재료 및 재배조건

실험은 경북 안동시에 위치한 식물공장 ('바이오웍스', Kor., 36°37'29.3"N, 128°38'06.9"E)에서 진행되었다. 실험에서는 상추(*Lactuca sativa* L. 'Charles', (주)바이엘크롭사이언스)를 사용하였다. 정식 후 모든 실험구의 재배 환경은 상추의 정상적인 생육조건을 고려해 CO₂ 600-650mg·L⁻¹, 광도 200μmol·m⁻²·s⁻¹, 상대습도 65%, LED 광원 W:R(9:1), 온도(주간 21°C 야간 15°C)로 일정하게 관리되었고 정식일 기준으로 28일간 재배하였다. 양액(EC 1.0 ds·m⁻¹, pH 5.5-6.5)은 담액수경(DFT)방식으로 공급되었으며, 엽채류 재배용 배양액(Yamazaki, 1982)이 사용되었다.

2. 양액처리

양액은 원수의 수질분석 결과(EC 0.23 dS·m⁻¹, pH 7.83, Ca²⁺ 1.5meq·L⁻¹, Mg²⁺ 0.4meq·L⁻¹, K⁺0.07meq·L⁻¹, NH⁴⁺ 0meq·L⁻¹, NO³⁻ 0.6meq·L⁻¹, SO⁴⁻ 0.4meq·L⁻¹, PO⁴⁻ 0meq·L⁻¹)를 기준으로 처리하였다. 1차실험에서는 엽채류 재배용 배양액에서 칼륨을 10%로 낮춘 처리(H⁺ 1.1meq·L⁻¹, Ca²⁺ 2.0meq·L⁻¹, Mg²⁺ 1.0meq·L⁻¹, K⁺0.4meq·L⁻¹, NH⁴⁺ 2.0meq·L⁻¹, NO³⁻ 2.2meq·L⁻¹, SO⁴⁻ 1.2meq·L⁻¹, PO⁴⁻ 1.5meq·L⁻¹)와 5%로 낮춘 처리(H⁺ 1.1meq·L⁻¹, Ca²⁺ 2.0meq·L⁻¹, Mg²⁺ 1.0meq·L⁻¹, K⁺0.2meq·L⁻¹, NH⁴⁺ 2.0meq·L⁻¹, NO³⁻ 2.2meq·L⁻¹, SO⁴⁻ 1.2meq·L⁻¹, PO⁴⁻ 1.5meq·L⁻¹)를 수확 2주 전, 1주 전에 각각 나누어 처리하였다.

2차 실험은 1차 실험의 결과를 참고하여 정식 후 원수로 재배한 처리, 칼륨의 당량을 5%로 낮춘 처리와 1%로 낮춘 처리(H⁺ 1.1meq·L⁻¹, Ca²⁺ 2.0meq·L⁻¹, Mg²⁺ 1.0meq·L⁻¹, K⁺0.1meq·L⁻¹, NH⁴⁺ 2.0meq·L⁻¹, NO³⁻ 2.1meq·L⁻¹, SO⁴⁻ 1.2meq·L⁻¹, PO⁴⁻ 1.5meq·L⁻¹)를 수확 2주전에 처리하였다. 각 처리에서 당량 보정을 위해 낮은 NO³⁻ 이온은 HNO³로 pH와 함께 보정해주었다.

3. 상추생육 및 무기성분 분석

상추의 생육을 비교하기 위해 수확 후 각 처리구별로 지상부와 지하부의 생체중을 측정하였고 노화되어 떨어진 잎을 제외한 엽수를 측정하였다. 칼륨 및 무기질 함량은 유도결합 플라즈마 분석기(ICP, Elan DRC-e, USA)로 측정하였다. 상추 샘플은 수확 후 지하부를 제거한 뒤 동결건조기(MGS-2100F, Tokyo Rikakikai Co., LTD, JP)를 이용하여 건조한 후 분쇄하여 분석 전처리를 위해 HNO³으로 산 분해 하였다. 전처리 후 용해용액의 무게를 정밀히 측정하여 무기성분을 측정하였다. 상추의 무기성분은 단위 건물중(g)당 mg으로 표현하였다.

4. 통계처리

실험종료 후 수확한 상추는 생육 및 무기성분분석을 위해 각 처리구별로 단순임의추출법으로 3개의 샘플을 통해 실시하였다. 통계분석은 SPSS 프로그램(SPSS statistic 24, IBM company, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고 평균간 비교는 던컨의 다중범위 검정으로 하여 5%의 유의수준으로 검정하였다.

결과 및 고찰

식물체내 칼륨은 2주전 칼륨당량을 10%로 낮춘 처리(2W10%)와 2주전 칼륨당량을 5%로 낮춘 처리(2W5%)에서 대조구에 비해 유의적으로 낮았다. 그러나 1주전 칼

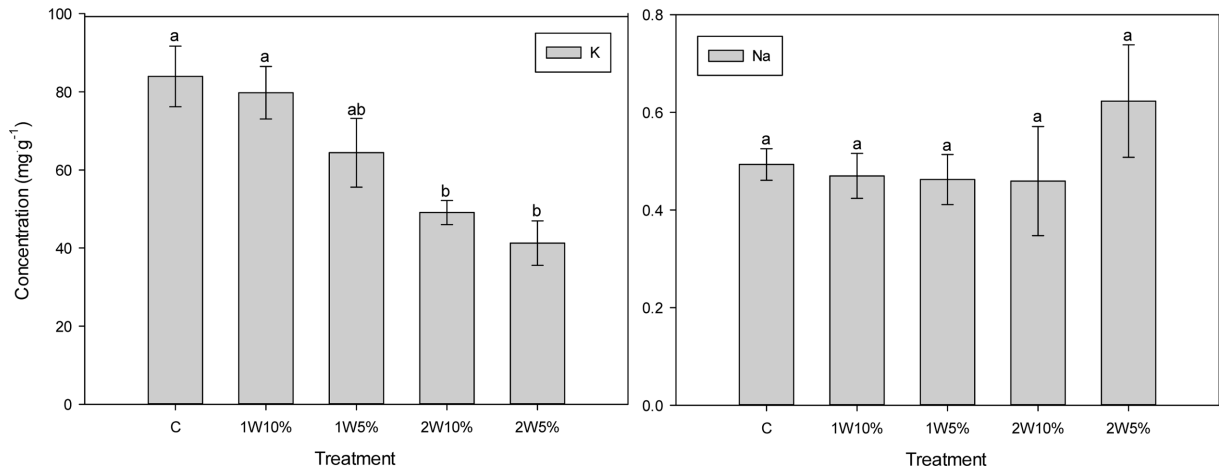


Fig. 1. Comparison of potassium(K⁺) and Sodium(Na⁺) contents in leaf among treatment at experiment 1 (Left : potassium[K⁺], Right : sodium[Na⁺]).

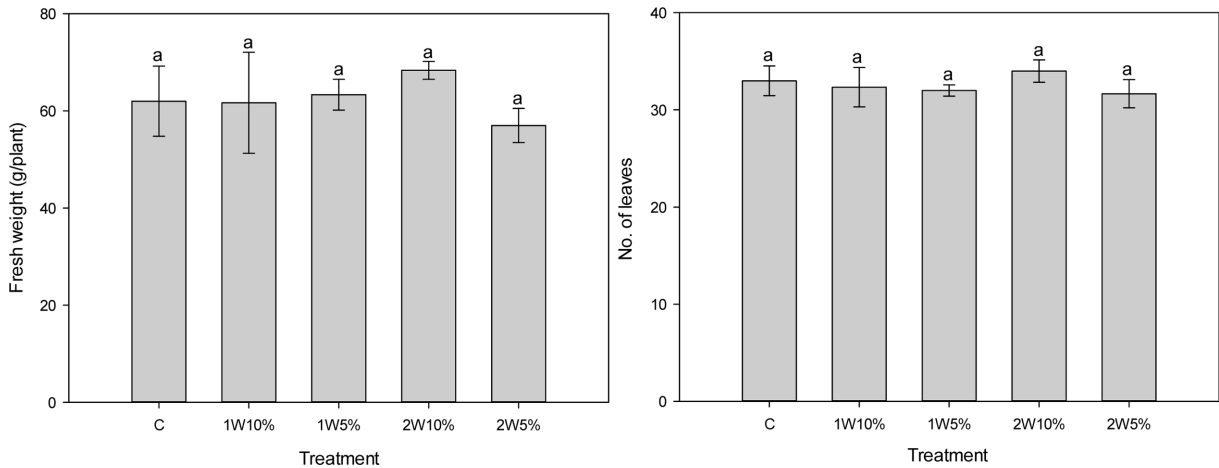


Fig. 2. Comparison of fresh weight and number of leaves among treatment in experiment 1. (Left : fresh weight, Right : number of leaves).

를당량을 10%로 낮춘 처리(1W10%)와 1주전 칼륨당량을 5%로 낮춘 처리(1W5%)는 대조구와 유의적인 차이가 없었다(Fig. 1). 배양액의 칼륨농도가 낮은 것보다 처리시기가 길수록 체내 축적되는 칼륨 함량이 낮아지는 결과는 Ogawa et al.(2007)의 보고와 일치하였다. 이는 식물체내 칼륨이 생육 초기에 주로 사용되어 체내에서 재분배율이 높기 때문(Alison and Philip, 2009)인 것으로 보인다. 또한 나트륨 함량은 2W5% 처리에서 높은 경향은 있었으나 대조구와 다른 처리구보다는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 상추의 생육조사 결과 생체중과 엽수 모두 수확기에 유의적인 차이를 보이지 않았다(Fig. 2). 이는 Pujos(1996)가 배양액 내 칼륨 제거 처리 후 약 2주가 지났을 때부터 유의적으로 생육이 저해된다는 보고와 일치하였다. 따라서 선행연구와 본 연구 결

과 내용을 바탕으로 수확 2주 전 5%이하의 칼륨 처리에 의해 상추의 생육장애 없이 저칼륨 상추의 생산이 가능할 것으로 판단되었다.

저칼륨 상추 생산을 위한 적정 배양액조성 탐색을 위한 2차 실험에서 대조구에 비해 모든 처리구에서 수확 시기 상추의 칼륨함량이 유의적으로 낮았으나(Fig. 3) 처리구간 유의적인 차이는 없었다. 이는 1W5% 처리, 1W10% 처리와 2W5% 처리, 2W 10%처리에서 유의적인 경향은 보이지 않았으나 10% 처리에 비해 5%처리가 낮아지는 경향을 보였던 것과 대조적이었다. 또한 칼륨 함량이 TW처리구와 칼륨이 함유되어 있는 처리구 간의 유의적인 차이가 없었던 것으로 보아 칼륨 외 다른 이온의 결제는 칼륨함량을 낮추는데 큰 효과가 없을 것으로 판단된다. 나트륨 함량은 TW처리구에서 유의적으로

완전제어형 식물공장에서 저칼륨 상추 생산을 위한 적정 칼륨 농도 조성 및 처리시기 개발

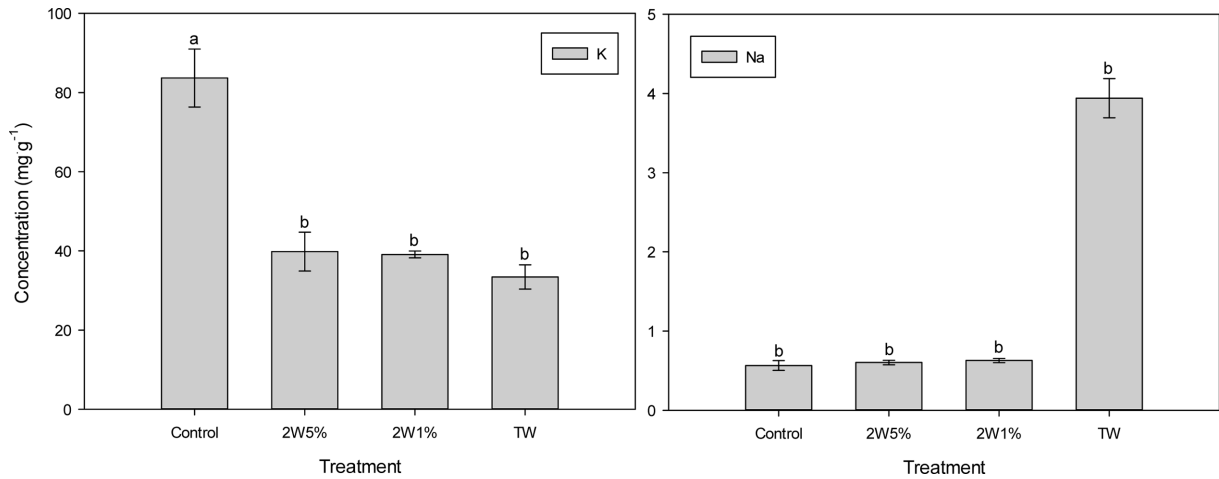


Fig. 3. Comparison of potassium(K⁺) and Sodium(Na⁺) contents in leaf among treatment in experiment 2. (Left : potassium[K⁺], Right : sodium[Na⁺]).

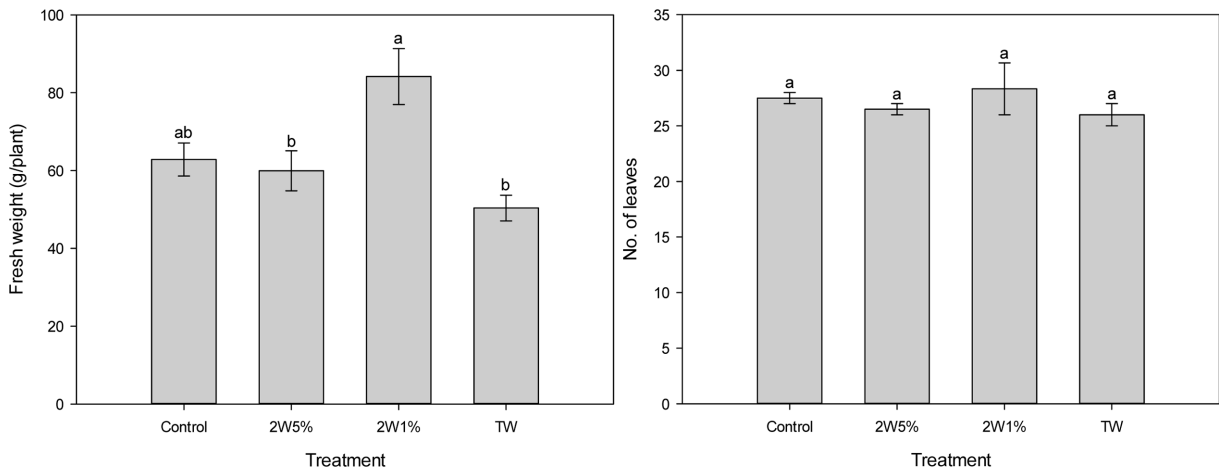


Fig. 4. Comparison of fresh weight and number of leaves among treatment in experiment 1. (Left : fresh weight, Right : number of leaves).



Fig. 5. Comparative photographs of lettuce growth among different treatment. (From the left control, 2W5%, 2W1%, and TW).

높게 나타났다(Fig. 3). 이는 나트륨이 칼륨과 길항작용을 하기 때문에(Dibb and Thompson, 1985) 흡수가 원활했기 때문으로 판단된다. 상추의 생체중은 대조구와 처리구에서 유의적인 차이가 없었으나 2W5%처리구와 TW처리구에 비해 2W1%처리구가 유의적으로 높았다

(Fig. 4). 이는 1차 실험에서 2W10%와 2W5%의 생체중의 유의적인 차이가 없었던 것에 비해 대조적이었다. 엽수는 대조구와 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없었다(Fig. 4). 이것으로 보아 상추의 엽수는 양액의 처리보다 다른 환경요인에 더 많은 영향을 받은 것으로 판단된다.

또한 TW처리구는 대조구, 2W5%처리구와 유의한 차이는 없었으나 결핍증상이 발생하고 상품적인 가치가 낮아졌다(Fig. 5).

위 결과의 적용가능성을 알아보기 위해 평가모형을 제안하였다. 국내 만성신부전환자의 평균체중을 기준으로 일반적인 채소 섭취량과 제한해야 할 칼륨 섭취량을 고려했을 때 저칼륨 채소로 적당한 칼륨량을 다음 식으로 계산하였다.

$A \times C =$ 만성신부전 환자의 평균 섭취 제한기준 (2400mg)

$E \times F \times (A / B) =$ 만성신부전 환자의 필요 채소 섭취량 (430g)

$A \times C \times D =$ 채소류로 제한해야 되는 칼륨 섭취 제한 기준 (720mg)

$(A \times C \times D) / \{E \times F \times (A/B)\} \times 100 =$ 채소 100g 기준 칼륨 섭취 제한량(167mg)

Table 1. Treatment time and potassium concentration in nutrient solution of each treatment.

Treatment	Treatment time	Potassium in nutrient solution me·L ⁻¹
Control	Day after transport	4.0
1W10%	1 week before harvest	0.4
1W5%	1 week before harvest	0.2
2W10%	2 weeks before harvest	0.4
2W5%	2 weeks before harvest	0.2
2W1%	2 weeks before harvest	0.04
TW ^x	Day after transport	0.07

^x Tap water

Table 2. Estimated range of potassium concentration among different treatment in two experiments.

Treatment	Potassium concentration range (mg/100g)
Experiment 1	
Control	252-336
1W10%	239-319
1W5%	193-258
2W10%	147-196
2W5%	124-165
Experiment 2	
Control	251-335
2W5%	119-159
2W1%	117-156
TW	100-134

- A: 만성신부전환자의 평균체중 61.7kg (Lee 등, 2016)
- B: 한국인의 평균 체중 72.4 kg (KOSIS, 2015)
- C: 칼륨 섭취제한기준 40 mg/kg (NKF, 2009)
- D: 채소류로 30%의 칼륨을 섭취 (Lee 등, 2013; Lee 등, 2017)
- E: 하루 평균 채소섭취량 303.7 g/day (Hwang 등, 2014; Lee 등, 2016)
- F: 필요 채소 보충량 1.66배 (Lee and Lee, 2016)

계산 결과 생채소 100g당 167mg 이하의 칼륨을 함유한 채소가 저칼륨 채소로 적당한 것으로 판단된다. 대조구와의 상추 함수율은 96.0-97.0% 수준으로 이를 작물 내 칼륨량으로 환산하면 2W5% 처리구와 2W1% 처리구 그리고 TW처리구가 적합하나(Table 2) TW처리구의 경우 생육이 불량해 상품적인 가치가 떨어져 실질적으로 식물공장에서 저칼륨상추 개발에 적합한 양액처리 방법은 2주전 칼륨을 당량 기준으로 5%와 1%로 제한하여 공급하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 또한 채소 체내의 무기함량은 함수율에 큰 영향을 받으므로 수확 후 관리되는 기술로 일정수준의 수분을 유지하고 실제 환자가 섭취했을 때 칼륨양을 고려하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

적 요

채소내의 칼륨은 만성 신부전 환자에게 악영향을 주는 것으로 알려져 있다. 하지만 채소는많은 다른 영양 물질 또한 함유하고 있으므로, 이러한 환자들에게 채소의 섭취는 불가피하다. 본 연구는 완전제어형 식물공장에서 신장환자들을 위해 적합한 저칼륨 상추 개발을 위해 수행되었다. 본 연구에 사용된 상추 품종은 ‘찰스’ 품종이었다. 완전제어형 식물공장에서 정식 후 28일간 수행되었으며, 광 환경은 LED (W:R, 9:1), 일장 16시간, 200μmol·m⁻²·s⁻¹ 이었고 재배 온도, 상대습도와 이산화탄소 농도는 각각 15-21°C, 65%와 600-650mg·L⁻¹ 이었다. 1차 실험에서 배양액은 수확 전 1주전과 2주전에 칼륨농도를 10%와 5%로 낮게 처리하였고, 이를 토대로 2차실험의 처리는 수확 전 2주전 5%, 1% 낮춘 처리와 원수로 재배한 처리였다. 식물체 내의 다량원소 분석을 위해 수확 후 ICP 분석을 하였으며 생체중과 엽수를 측정하였다. 실험 결과 식물체 내 칼륨함량은 대조구에 비해 2주전 처리에서 통계적으로 유의하게 낮았다. 생체중과 엽수는 대조구와 처리구에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나 처리구간의 유의적인 차이는 있었다. 신장환자들의 채소섭취량을 고려했을 때, 저칼륨 상추 생산을 위한 적당한 칼륨농도 조성은 수확 2주전 1%와 5%로 낮춘

처리였다. 본 연구를 통해 양액 내 칼륨함량과 처리시기를 조절하여 신장환자를 위한 저칼륨 상추를 개발할 수 있었다.

추가 주제어 : 고칼륨혈증, 만성신부전, 무기물함량, 배양액, 수경재배

사 사

이 논문은 2016학년도 안동대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

Literature cited

- Amtmann, A., S. Troufflard, and P. Armengaud. 2008. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiologia Plantarum*. 133: 682-691.
- Besford, R. T. and G. A. Maw. 1975. Effect of potassium nutrition on tomato plant growth and fruit development. *Plant and Soil*. 42: 395-412.
- Choi, K. Y., B. W. Moon, E. Y. Yang, and T. C. Seo. 2004. Effect of surfactant addition in nutrient solution on mineral nutrient uptake and growth of lettuce in DFT culture. *Journal of Bio-Environment Control*. 13: 240-244.
- Cheong J. W., H. C. Rhee, G. L. Choi, K. H. Yeo, and K. S. Park. 2015. Effect of potassium deletion before harvest on the major leafy vegetables in a closed plant factory. 2015 Annual Spring Conference of the Korean Society for Horticultural Science. May. Rural Development Administration, Jeonju, Jeollabuk-do, Korea. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. p. 87-87.
- Dibb, D. W. and W. R. Thompson, Jr. 1985. Interaction of potassium with other nutrients. Potassium in agriculture. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wis. p. 515-533.
- Hwang, Y. J. and S. Y. Heo. 2015. 2014 FOOD BALANCE SHEET. Korea Rural Economic Institute. p. 11-201.
- Lee, H. S. and S. Y. Ly. 2016. Nutrient intake status and relevant factors of hemodialysis patients hospitalized in general hospital located in Daejeon. *Korean Journal of Human Ecology*. 25: 55-71.
- Lee, H. S., K. J. Duffey, and B. M. Popkin. 2013. Sodium and potassium intake patterns and trends in South Korea. *Journal of human hypertension*. 27: 298-303.
- Lee, K. I., S. H. Kim., and S. Y. Heo. 2016. In-Depth Analysis of Food Consumption in Korea. Korea Rural Economic Institute. p. 95-121.
- Lee, S. Y., S. Y. Lee, Y. E. Ko, and S. Y. Ly. 2017. Potassium intake of Korean adults: based on 2007~ 2010 Korea national health and nutrition examination survey. *Journal of Nutrition and Health*. 50: 98-110.
- Leigh, R. A. and R. G. Wyn Jones. 1984. A hypothesis relating critical potassium concentrations for growth to the distribution and functions of this ion in the plant cell. *New Phytologist*. 97: 1-13.
- Lim, I. S. 2006. Hypokalemia and hyperkalemia. *Korean Journal of Pediatrics*. 49: 470-474.
- National Kidney Foundation. 2009. KDOQI clinical practice guideline for nutrition in children with CKD. *American Journal of Kidney Disease*. 53: S72-S74.
- Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3th ed. UK:Elsevier Ltd., UK. p.162-183.
- Ogawa, A., S. Taguchi, and C. Kawashima. 2007. A cultivation method of spinach with a low potassium content for patients on dialysis. *Japanese Journal of Crop Science*. 76: 232-237.
- Pujos, A. and P. Morard. 1997. Effects of potassium deficiency on tomato growth and mineral nutrition at the early production stage. *Plant and soil*. 189: 189-196.
- Shin, Y. S., M. J. Lee, E. S. Lee, J. H. Ahn, J. H. Lim, H. J. Kim, H. W. Park, Y. G. Um, S. D. Park, and J. H. Chai. 2012. Effect of LEDs (light emitting diodes) irradiation on growth and mineral absorption of lettuce (*Lactuca sativa* L. 'Lollo Rosa'). *Journal of Bio-Environment Control*. 21: 180-185.
- Shin, Y. S., M. J. Lee, E. S. Lee, J. H. Ahn, M. K. Kim, J. E. Lee, H. W. Do, J. D. Cheung, J. U. Park, Y. G. Um, S. D. Park, and J. H. Chae. 2014. Effect of Light Emitting Diodes Treatment on Growth and Quality of Lettuce (*Lactuca sativa* L.'Oak Leaf'). *Journal of Life Science*. 24: 148-153.
- Statistics Korea. 2016. KOSIS(Statistics Korea, Vegetable Production(Leafy and Stem Vegetables). Statistics Korea.
- The Korean nutrition society. 2015. Dietary reference intakes for Koreans. The Korean nutrition society 5: 53-54.
- Woo, H. J., Y. J. Lee, I. H. Oh, C. H. Lee, and S. S. Lee. 2014. Association of food intake with serum levels of phosphorus and potassium in hemodialysis patients. *Journal of Nutrition and Health*. 47: 33-44.
- Yamazaki, K. 1982. Management of pH in nutrient solution in hydroponics. *Agriculture and Horticulture*. 57: 327-331.
- Yun, H. K. 1997. Nutrient Composition Suitable to Lettuce and Chinese Flat Cabbage in Hydroponics. *Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences*. p. 17-18.