

Short Communication

Open Access

칼륨 시비량에 따른 감나무 유목의 수체 부위별 무기원소 농도 및 과실 특성

최성태,* 박두상, 손지영, 박여옥, 홍광표

경상남도농업기술원 단감연구소

Inorganic Element Concentrations in Different Organs of Young Persimmon Trees Received Different Levels of K Fertilization and Its Influence on the Fruit Characteristics

Seong-Tae Choi,* Doo-Sang Park, Ji-Young Son, Yeo-Ok Park and Kwang-Pyo Hong (Sweet Persimmon Research Institute, Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Gimhae 621-802, Korea)

Received: 21 February 2013 / Revised: 29 March 2013 / Accepted: 4 May 2013

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: Persimmon growers have often tried various regimens of K fertilization to improve fruit quality. This experiment was conducted to determine the effects of K rates on concentration of inorganic elements in different tree organs and on fruit characteristics.

METHODS AND RESULTS: Six-year-old non-astringent 'Fuyu' persimmons, grown in 50-L pots, were used. Total K amounts of 0 (no-application), 12, 25, 37, and 66 g were fertigated to a pot with KCl solution at 3-to 4-day intervals from July to September. The 0 K trees received no K fertilizer for the two previous years. Leaves, fruits, and shoots were sampled in November. K concentrations in leaves and shoots increased significantly by increasing K rate; leaf K, 0.49% for the 0 K, increased to 3.09% for the 37 g and 3.11% for the 66 g trees. Fruit K was notably lower for the 0 K, but there were no significant differences among the trees as long as they were supplied with more than 12-g K. In the trees with 0 K, leaf necrosis in the margin was apparent in June and the symptom progressed toward the

midrib. Some leaves scorch-rolled from the margin in August. The greatest effect of K rates was on fruit size; it significantly increased to 181 g for the 12 g, 203 g for the 37 g, and 206 g for the 66 g compared with 150 g for the 0 K trees. However, K rates did not affect firmness and soluble solids of the fruits. The fruits of the 0 K trees were characterized by better coloration.

CONCLUSION(S): The K-rate effect on inorganic elements depended on tree organs and fruit size was the major parameter to be affected by the K rates.

Key Words: Inorganic element, Fertigation, Fruit characteristic, K rate, Persimmon

서론

적절한 시비량 조절은 감나무의 안정된 수체 성장과 과실 품질 향상을 도모하고 환경 오염을 줄이는 측면에서 중요하게 간주되어 왔다. 감 과원의 시비량은 수령 및 토양 분석 결과에 따라 달리하도록 제시되어 있으나(NIAST, 1999), 실제로는 나무의 세력, 착과량, 과실 품질에 미치는 영향을 고려하여 조절하는 것이 일반적이다. 단감은 짧은 감보다 과실 크기, 착색, 당도 등이 상품성을 크게 좌우하므로 이와 관련된 시비 관리가 매우 중요한데, 수확기에 서리 피해가 빈번한 만생종 '부유' 과원에 추비로 사용하는 질소(N)와 칼륨(K) 시비

*교신저자(Corresponding author)

Tel: +82-55-254-1564, Fax: +82-55-254-1559;

Email: stchoi1234@korea.kr

량 조절에 대한 재배자들의 관심이 매우 높다. 질소 추비의 경우 시비량이 증가하면 감 과실은 성숙이 늦어져 착색과 당도가 낮아질 수 있고, 시비량이 적으면 과실 비대는 나쁘나 착색과 당도는 높아지는 것으로 알려져 있다(Park, 2002; Choi *et al.*, 2012).

칼륨은 과실에서 가장 많은 양을 차지하는 무기원소로서 (Faust, 1989; Choi *et al.*, 2010), 식물체 내 pH 조절, 효소 활성화, 삼투압 조절, 단백질 합성, 광합성, 세포 신장, 대사물질의 수송 등 중요한 역할을 한다(Mengel, 2007). 다른 과수에서는 과실 내의 K 함량이 탄수화물 및 산 함량에 밀접하게 관련되어 있어 품질에도 영향을 끼친다고 알려져 있지만 (Réne, 1995; Tehranifar and Tabar, 2009), K 영양과 단감 품질의 관계에 대한 연구결과는 찾기 어렵다. 농촌진흥청에서는 K를 N 비료와 비슷한 양으로써 기비와 추비로 각각 50%씩 나누어 사용할 것을 권장하고 있으나(NIAST, 1999), 시비 효과에 대한 근거가 없어 K 추비를 생략하거나 품질을 높이기 위해 과다하게 사용하는 농가가 드물지 않은 실정이다. 본 시험의 목적은 K 시비량이 수체 부위별 무기원소 농도 및 과실 품질에 미치는 영향을 조사하여 K 시비량 조절의 효과를 명확히 하고자 하였다.

재료 및 방법

경남 김해시의 평지 시험포장 내 50 L 용기의 사양토에서 재배한 '부유' 감나무(*Diospyros kaki* Thunb. cv. Fuyu)를 본 시험에 사용하였다. 4-6년생 시험수의 관행적인 N과 K의 주당 시비량은 12-25 g 범위였는데, 4년생이었던 2007년부터 2009년까지 K 비료를 전혀 사용하지 않은 나무들을 일부 두었고, 나머지 나무들은 2007년과 2008년에 염화칼륨을 사용하여 연간 주당 각각 12 g과 25 g의 K를 공급하였다. 2007년 7월에 K 비료를 정상적으로 공급한 용기에서 채취한 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같았다. 2007년과 2008년에 K 비료를 제외한 요소, 인산칼슘, 황산마그네슘, 염화칼슘 등을 생육기에 나무별로 균일하게 사용하였으며, 2009년에는 5월부터 8월까지 요소, 제일인산암모늄, 질산마그네슘, 질산칼슘, 용성인비 등을 관수 또는 관수와 함께 소량씩 표토에 사용하여 주당 총 N 17 g, P 4.8 g, Ca 10.8 g, Mg 4.2 g을 공급하였다.

Table 1. Chemical properties of soil at a depth of 5-10 cm within the experimental pots on 21st June 2007

pH (1:5)	O.M. (g/kg)	T-N (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation (cmolc/kg)		
				K	Ca	Mg
7.0	15	1.4	294	0.21	6.8	1.4

*O.M.: organic matter, Av.: available, Ex.: Exchangeable cation.

나무가 6년생이었던 2009년에 시험처리를 위하여 주당 K 시비량을 기준으로 0(무시비구), 12, 25, 37, 66 g 시비구로 나누고 처리당 3반복, 반복당 1주씩을 1.5 × 1 m 간격으로 완전 임의로 배치하였다. 이때 무시비구는 2007년부터 K 시비를 하지 않은 나무를 사용하였다. K 시비량 처리는 1 L 삼각플라스크에 염화칼륨을 녹여 3-4일 간격으로 7월 1일부터 9월 하순까지 관수와 함께 소량씩 관주하였다. 이들 시험수가 과다 착과 되지 않도록 관행적으로 개화 전인 5월 중순에 길이 30 cm 이상 결과지에는 꽃봉오리를 2개, 30 cm 미만인 결과지에는 1개를 남기고 솎아 주었으며, 생리적 낙과가 끝난 7월 상순에는 엽과비(엽수/과실수)가 20 정도가 되도록 과실을 솎았다. 4월 전엽기부터 11월 수확 때까지 주기적으로 자동 관수장치로 물을 공급하되, 전엽기에 주당 하루 1 L에서 개화기 이후에는 6 L 정도로 늘여 수분 스트레스를 받지 않도록 하였다.

2009년 11월 2일에 주당 잎을 15개씩 무작위로 채취하여 엽록소측정기(SPAD-502, Minolta Co., Tokyo, Japan)로 SPAD 값을 측정하였고 건조시킨 후 비염중(SLW)을 구하였다. 또한 이날에 과실 전체를 수확하여 착과수와 수량을 조사하여 평균과중을 구하였고, 주당 10-14개의 과실을 무작위로 취하여 과피색, 경도, 당도를 측정하였다. 과피색은 휴대용색도계(CM-2500d, Konica Minolta Sensing Inc., Japan)를 사용하여 적색도 Hunter a 값을 구하였고, 과육의 경도는 직경 5 mm 탐침을 장착한 경도계(TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, U.K.)로 측정하였다. 당도는 과실의 적도부에서 과피로부터 약 2 cm 깊이까지 착즙하여 굴절당도계(PAL-1, Atago Co., Tokyo, Japan)로 측정하였다. 무시비구에 대해서는 6월부터 잎에 나타난 K 부족 증상을 관찰하였다.

K 시비량 증가에 의한 잎, 과실, 신초의 무기원소 농도 변화를 파악하기 위하여 11월 2일 채취하여 특성 조사를 한 잎과 과피를 포함하여 과육의 일부를 취하고 낙엽 후 11월 19일에 길이 20±5 cm의 신초를 주당 8개씩을 채취하여 분석 시료로 사용하였다. 이들 시료는 80°C에서 48시간 건조시켜 20 mesh를 통과하도록 분쇄한 후 N은 시료 0.2 g을 농황산으로 분해하여 Kjeldahl 증류장치(Kjeltec 2300, Foss Co., Höganäs, Sweden)로 분석하였고, P, K, Ca, Mg는 시료 0.5g에 H₂SO₄와 HClO₄ 분해액을 첨가하여 310-340°C에서 분해 후 유도결합플라즈마 발광분광계(ICPS-7510, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)로 분석하였다. 칼륨 시비량에 따른 부위별 무기원소 농도는 Sigmaplot(Ver. 8.0, SPSS Inc., Ill., USA) 프로그램을 이용하여 2차 함수식으로 회귀분석을 하였고, 11월 2일에 채취한 잎과 과실의 생장 특성 성적은 Duncan 다중검정으로 통계분석을 하였다.

결과 및 고찰

7월부터 9월까지의 K 시비량이 증가함에 따라 11월에 채취한 잎과 신초의 K 농도가 증가하였다(Fig. 1). 잎의 K 농도

변화가 특히 두드러져, 무시비구에서 0.49%였으나 37 g 시비구에서 3.09%로 급격히 증가하였고 66 g 시비구에서는 3.11%로 증가 폭이 작아졌다. 신초의 K 농도는 잎이나 과실보다 낮았으며 완만한 증가를 보였다. 과실의 K는 다른 원소들보다 농도가 높은 것이 특징이었고, 무시비구에서는 1.14%로 현저히 낮고 12 g 이상의 시비구에서는 1.58-1.76%의 범위로 차이가 없었다.

K 시비량에 따른 수체의 K 농도 차이가 다른 부위보다 잎에서 큰 것은 과실의 K 요구량 및 수용력(sink activity)에 따라 잎의 K가 반응하여, 착과량이 적을 때는 잎에 K 축적이 증가하고 착과량이 많을 때는 결핍 증상이 생기기 쉽기 때문(Faust, 1989)으로 볼 수 있다. 사과, 배, 복숭아 등에서 잎의 K가 0.7% 이하로 낮아지면 장애가 나타나는 점(Forshey, 1969; Faust, 1989)을 감안하면 무시비구 잎의 낮은 K 농도

는 부족 증상을 유발할 수 있는 조건이었다. 반면 K 시비량 증가에도 불구하고 66 g 시비구에서 더 이상 잎 K 농도가 증가하지 않았는데, 식물체의 흡수 조절작용 때문에 양분 흡수가 과잉에 이르지 않은 것으로 이해된다(Mengel, 2007). 실제로 농촌진흥청에서 제시한 잎의 적정 무기원소 농도 범위(RDA, 2001)와 비교해 보면 측정 시기는 다르나 66 g 시비구에서도 K 농도가 과잉이 아닌 것을 알 수 있다. 반면 12 g 이상 시비구에서 과실의 K 농도 증가가 미미한 것은 과실의 생장 대사 작용에 K가 필요 이상으로 사용되지 않기 때문(Mengel, 2007)으로 생각되며, 일부는 과실 비대와 함께 단위 과실당 함량 증가로 이어졌을 것(Faust, 1989)으로 추측된다. 키위 과실에서도 어느 수준 이상의 K 시비량에서는 더 이상 K 농도가 증가하지 않은 결과(Pacheco *et al.*, 2010)가 있다.

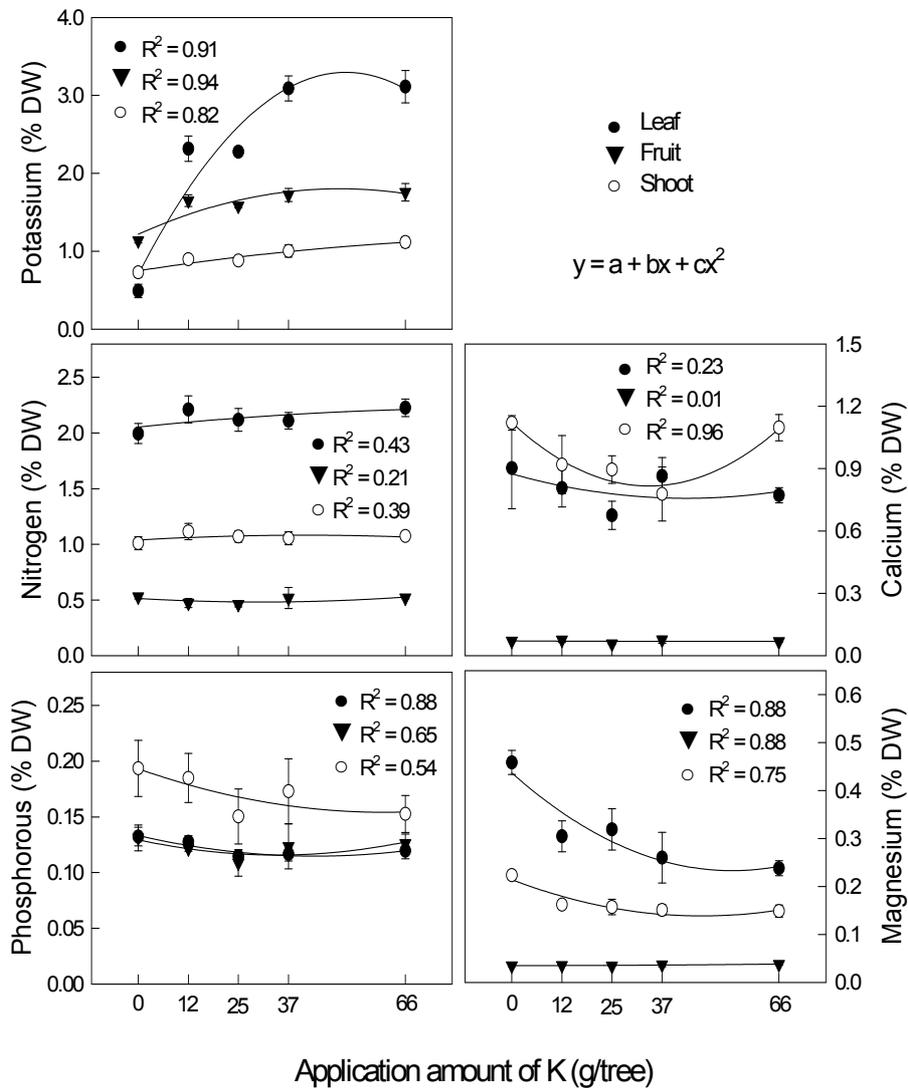


Fig. 1. Concentrations of inorganic elements in different organs as affected by different amounts of K fertilization applied to young 'Fuyu' persimmon trees. Leaves and fruits were sampled on 2nd November 2009 and shoots were on 19th November 2009. Values are mean±standard error.

칼륨 시비량에 따른 다른 무기원소들 농도를 보면, 신초의 P, 잎과 신초의 Mg가 감소하는 경향을 제외하면 일관된 변화가 없었다. 가장 뚜렷한 변화는 잎의 Mg 감소로서, 무시비구에서 0.46%였으나 37 g 시비구에서는 0.26%로 급격히 낮아졌다. 이는 식물체에 K 공급량이 적을 때는 Mg 흡수가 촉진되므로(Mengel, 2007), 무시비구에서 Mg 농도가 높았다가, K 시비량이 증가하면서 길항작용으로 Mg 흡수가 적어진 것으로(Wilkinson, 1958; Bennett, 1993; Mengel, 2007) 판단된다. K 시비량 증가로 신초의 Ca 농도가 K 37 g 시비 때까지는 낮아졌다가 66 g 시비에서는 특이하게 높아졌다. 과실에서는 N, Ca, Mg의 농도가 다른 부위보다 낮고 변화도 작은 것이 특징이었다.

2007년부터 3년간 K 비료를 공급받지 않은 나무는 6월부터 잎맥이 검게 변하며 괴사하는 잎들이 나타났고 8월에는 일부 잎이 가장자리부터 말라서 안쪽으로 말리기도 하였다(Fig. 2). 다른 낙엽과수에서도 K 부족 증상은 처음에는 엽색이 연하다가 가장자리부터 괴사되어 잎 안쪽으로 진행되면서 마르는 것으로 알려져 있다(Burrell and Boynton, 1943; Forshey, 1969). 이 같은 현상은 K 농도가 낮은 잎 가장자리부터 세포가 팽압을 잃고 수축되면서 죽기 때문이다(Mengel, 2007). 본 시험의 결과도 다른 과수의 K 부족 증상과 유사하였지만 엽맥에서 괴사 증상이 선명하게 나타나는 점이 특이하였다. 11월에 무시비구 나무들의 잎은 유의적인 차이는 아니나 크기가 작았으며, SPAD 값이 낮아 엽록소 함량이 적음을 알 수 있었다(Table 2). K 시비구들 간에는 K 증가 및 Mg 감소(Fig. 1)에 따른 엽면적, SPAD 값, 비엽중의 통계적 차이를 발견할 수 없었다.

K 시비량이 과실 특성에 미친 영향은 과실 크기에서 두드러지게 나타났다(Table 2). 과중이 무시비구에서 150 g에 불과하였으나 12 g 시비구에서 181 g, 37 g 시비구에서 203 g, 66 g 시비구에서는 206 g으로 증가하였다. K 공급량에 의해 과실 생장이 달라지는 결과는 다른 과수에서도 보고되었는데(Bennett, 1993), 이러한 현상은 K가 대사물질의 수송에 관련되어 있기 때문으로 생각된다(Mengel, 2007). 그러나 66 g 시비구에서 확인된 바와 같이 수체 내 K가 어느 수준 이상으로 증가하면 더 이상 과실이 커지지는 않는다고 한다

(Fisher *et al.*, 1959). 과피의 적색도는 무시비구에서 가장 높았으나 12 g 이상 시비구들 간에는 차이가 없었다. K가 부족할 때 사과나 핵과류에서 착색이 나빠지나, 감귤류, 석류 등에서는 좋아질 수 있어 과중에 따라 착색 반응이 다를 수 있다(Bennett, 1993; Tehranifar and Tabar, 2009). 무시비구에서 적색도가 높은 것은 K 부족보다는 잎의 부분적인 고사와 말림으로 생리적 이상이 생겼거나 햇빛 투과가 좋아졌기 때문일 가능성도 배제할 수 없다. 사과(Réne, 1995)나 석류(Tehranifar and Tabar, 2009) 과실의 높은 K 농도는 경도를 감소시키거나 당도를 높일 수 있다고 하였지만, 본 시험에서는 그러한 차이가 없었다. 이와 같이 K 시비량 효과가 과중을 제외한 다른 특성에서 뚜렷하지 않은 것은 과실의 K 농도가 일정 범위 이상 증가하지 않는 점(Fig. 1)과 관련 지을 수도 있을 것이다.

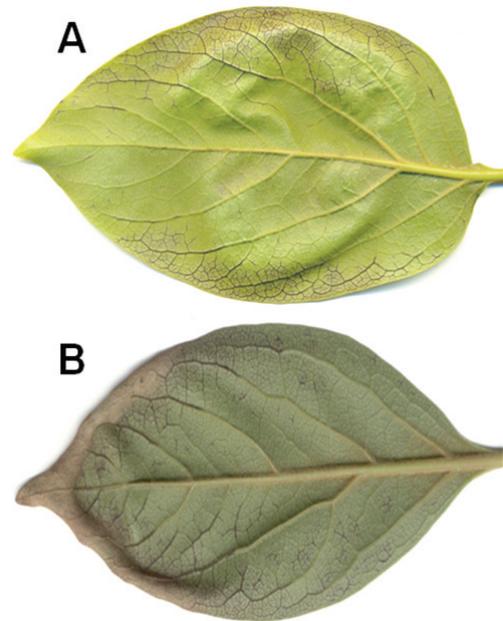


Fig. 2. Potassium deficient symptoms of 'Fuyu' trees that had received no K for three growing seasons; photos on 2nd July (A) and 21st August (B).

Table 2. Effect of K fertigation at different levels on leaf and fruit characteristics sampled on 2nd November 2009 from young 'Fuyu' persimmon trees

K amount supplied (g/tree)	Leaf			Fruit			
	Avg area (cm ²)	SPAD value	SLW (mg/cm ²)	Avg weight (g)	Skin color (Hunter a)	Firmness (N)	Soluble solids (°Brix)
0	58 a ^z	44.6 b	12.9 a	150 b	29.4 a	18.8 a	14.3 a
12	67 a	52.5 a	12.2 a	181 ab	24.6 b	19.6 a	14.0 a
25	72 a	54.2 a	12.4 a	182 ab	23.4 b	19.4 a	14.9 a
37	65 a	52.9 a	12.1 a	203 a	23.3 b	20.0 a	14.8 a
66	69 a	53.5 a	12.0 a	206 a	24.1 b	19.0 a	14.1 a

^z Means within a column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

본 연구결과를 통해 K 시비량이 증가하더라도 과실 내 K 농도는 비례적으로 증가하지 않으며, 품질 요소 중 과실 크기에 주로 영향을 주는 것으로 파악되었다. 실제 노지에서 K 시비량 조절은 적절한 과실 비대를 위해 부족하지 않도록 관리하되, 다른 비료 성분과 균형을 고려하여 과다 시용은 피해야 할 것이다. 잎과 과실에 나타나는 K 부족 증상 자료는 향후 특이 토양 환경의 수체 영양진단 자료로 활용이 가능할 것으로 생각된다.

요 약

단감의 품질을 높이기 위한 다양한 칼륨 시비방법이 감 재배 농업인들에 의해 시도되어 왔다. 본 시험은 칼륨 시비량이 단감나무의 부위별 무기원소 농도와 과실 품질에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행되었다. 50 L 용기에서 재배한 6년 생 '부유' 감나무에 7월부터 9월까지 3-4일 간격으로 염화칼륨을 사용하여 주당 K를 0(무시비구), 12, 25, 37, 66 g씩 관주하였는데, 무시비구는 시험 전 2년간도 K 비료를 공급하지 않았다. 11월에 잎, 과실, 신초 시료를 채취하여 조사하였다. 잎과 신초의 K 농도는 시비량 증가로 높아졌으며, 잎에서 변화가 특히 뚜렷하여 무시비구에서 0.49%였으나 37 g과 66 g 시비구에서 각각 3.09%과 3.11%로 높아졌다. 과실의 K 농도는 무시비구에서 현저히 낮았고 12 g 이상의 시비구들 간에는 차이가 없었다. 무시비구의 나무는 6월부터 가장자리부터 잎맥이 검게 괴사하는 잎들이 나타났고 8월에는 일부 잎이 가장자리부터 말라서 말리기도 하였다. 과실 특성에 미치는 K 시비량의 가장 큰 효과는 과중에서 나타났는데, 무시비구에서 150 g이었으나 12 g 시비구에서 181g, 37 g 시비구에서는 203 g, 66 g 시비구에서는 206 g으로 증가하였다. 과실의 경도, 당도는 K 시비량에 따른 유의적인 변화가 없었으며 무시비구는 적색도가 특이하게 높았다. 본 연구결과로 K 시비량에 대한 수체 부위별 반응이 다르며, K 시비량은 품질 요소 중 과실 크기에 주로 영향을 주는 것을 알 수 있었다.

References

Bennett, W.F., 1993. *Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants*, The American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA. pp. 159-183.

Burrell, A.B., Boynton, D., 1943. Response of apple trees to potash in the Champlain Valley III, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 42, 61-64.

Choi, S.T., Park, D.S., Kang, S.M., Cho, Y.C., 2010. Effect of fruit-load on the growth, absorption, and partitioning of inorganic nutrients in young 'Fuyu' persimmon trees, *Sci. Hort.* 126, 408-412.

Choi, S.T., Park, D.S., Kang, S.M., Kang, S.K., 2012. Influence of leaf-fruit ratio and nitrogen rate on fruit characteristics, nitrogenous compounds, and nonstructural carbohydrates in young persimmon trees, *HortScience* 47, 410-413.

Faust, M., 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees*, Wiley & Sons Inc., NY, USA, pp. 95-97.

Fisher, E.G., Parker, K.G., Luepschen, N.S., Kwong, S.S., 1959. The influence of phosphorus, potassium, mulch, and soil drainage on fruit size, yield and firmness of the 'Bartlett' pear and on development of the fire blight disease, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 73, 78-90.

Forshey, C.G., 1969. Potassium nutrition of deciduous fruits, *HortScience* 4, 39-41.

Mengel, K., 2007. Potassium, in: Barker, A.V., Pilbeam, D.J. (Eds), *Handbook of plant nutrition*, CRC press, Boca Raton, FL, USA, pp. 91-105.

NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology), 1999. *Fertilizer application recommendation for crops*, NIAST, RDA, Suwon, Korea. p. 113.

Pacheco, C., Calouro, F., Santos, F., Vieira, S., Neves, N., Curado, F., Rodrigues, S., 2010. Influence of nitrogen and potassium fertilization on mineral composition of kiwifruit, *Acta Hort.* 868, 319-325.

Park, S.J., 2002. Effect of irrigation and N levels on fruit quality and nutrient distribution in 'Fuyu' persimmon tree parts during the final stages of fruit growth, *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 43, 321-325.

RDA (Rural Development Administration), 2001. *Standard agricultural manual-persimmon growing*, RDA, Suwon, Korea. p. 147.

Réne, D., 1995. Mineral nutrition and fruit quality, *Acta Hort.* 383, 219-226.

Tehrani, A., Tabar, S.M., 2009. Foliar application of potassium and boron during pomegranate (*Punica granatum*) fruit development can improve fruit quality, *Hort. Environ. Biotechnol.* 50, 191-196.

Wilkinson, B.G., 1958. The effect of the orchard factors on the chemical composition of apples. II. The relationship between potassium and titratable acidity, and between potassium and magnesium, in the fruit, *J. Hort. Sci.* 33, 49-57.