

수용성 칼슘 및 IBA 처리가 ‘부유’ 단감의 엽과 토양 내 칼슘함량에 미치는 영향*

최현석** · 김 영*** · 김월수**** · 이 연** · 최경주** · 정석규*****

Effect of Applications of Soluble Ca and IBA on Soil and Leaf Ca Concentration in ‘Fuyu’ Sweet Persimmon (*Diospyros kaki* L.) Orchard

Choi, Hyun-Sug · Kim, Young · Kim, Wol-Soo · Lee, Youn · Choi, Kyeong-Ju · Jung, Seok-Kyu

Sweet persimmon, ‘Fuyu’, is the major cultivar for MA storage, but browning of blossom end part and fruit surface darkening occur during storage and decrease fruit qualities in fresh fruit market. Calcium (Ca) has a very important role in cell membrane and reduces Ca-related fruit disorder. Therefore, this study was conducted to investigate the effect of soluble Ca fertigation and foliar applications on soil chemical properties, root activity, and leaf nutrient status. Ca concentration in the soil was higher in both Ca fertigation (Ca-FG) and Ca+IBA fertigation (Ca+IBA) treatments than the other treatments, such as control (Cont), Ca foliar application (Ca-FA), and IBA fertigation (IBA). The increase in soil Ca improved soil pH. The Ca+IBA treatment increased root activity. Leaf Ca concentration was significantly increased by the CA-FA application, followed by Ca+IBA, and Ca-FG treatments.

Key words : *browning, fertigation, root activity, nutrient*

* 본 연구는 전남대학교 원예학과 농업특성화센터의 지원에 의해서 수행되었습니다. 국립농업과학원 유기농업과의 지원에도 감사드리는 바입니다.

** 국립농업과학원 유기농업과

*** 교신저자, 국립종자원 서부지원(youngk@seed.go.kr)

**** 전남대학교 원예학과

***** 경희대학교 고려인삼 명품화 사업단 및 인삼유전자원 소재은행

I. 서 언

부유품종은 저장 단감의 대부분을 차지하고 있는데, 저장 중 발생하는 과정부 갈변현상과 과피흑변 현상은 과실의 상품성 저하의 주원인이 되고 있다. 일명 초크과로 알려진 과정부 갈변과는 단감의 과정부에 과피와 과육까지 원형으로 갈변되어 부분적으로 함몰에 영향을 줄 뿐만 아니라 과실 전체에까지 피해가 발생하여 식용을 불가능 하게 만든다. 식물조직의 갈변은 세포막의 투과성이 약해져 액포로부터 세포질로 페놀 전구물질의 누출이 증가함에 따라 polyphenoloxidase 등에 의한 페놀물질의 산화에 기인한 것으로 알려져 있다 (Faust, 1989). 과실 내 Ca은 이러한 세포막의 구조에 영향을 미쳐서 각종 이온의 선택적 투과성, 저장 중에 과실의 호흡, 에틸렌 발생 및 세포막의 붕괴에 관여하는 효소활성을 조절한다.

전남 나주지역의 배 과원 토양은 대부분 강산성으로(pH 4.5-5.5) 질소, 인산, 가리와 같은 주요한 무기성분이 배나무로의 흡수가 어려운 편이다(Stiles and Reid, 1991). Bhella와 Wilcox(1989)는 석회시용이 토양 내 pH와 Ca을 증가시키고 NH_4^+ 과 Mn 농도를 감소시켰으며, 토양 NO_3^- , Mg 그리고 K 농도에는 별다른 영향이 없었다고 보고하였다. 엽 내 P, Ca, Mg 농도는 증가하였고, Mn과 Zn 농도는 감소하였다. 또한 엽면적, 과실수량, 그리고 당 함량은 증가하였고 불량과의 발생은 적었다고 보고하였다. Konseler와 Shelton(1990)은 4년 동안 인삼을 포트 내 석회시용 한 결과 뿌리량, pH 및 토양 내 치환성 양이온 함량은 증가했으며 Zn 농도는 감소했고 Mn 농도는 별다른 영향을 받지 않았음을 보여주었다. 또한 뿌리 조직 내 치환성 양이온 함량은 증가하였고 Mn과 Zn 및 Fe 농도는 크게 감소했다고 보고했다.

뿌리 신장에 관여하는 호르몬으로 알려진 auxin은 매우 낮은 농도(10^{-6}M 혹은 그 이하)에서 뿌리 절편과 온전한 식물 뿌리 모두의 성장을 촉진하고, 식물세포막을 통한 Ca의 능동적 수송을 상당히 증가시킨다고 보고되었다(Kubowicz et al., 1982). 칼슘은 토양 내에서 이동성이 굉장히 제한되는 것으로 알려져 있는데(Stiles and Reid, 1991), IBA의 토양 처리는 뿌리의 성장량을 증가시키고, 결국 뿌리의 미세근을 통한 Ca 흡수를 증가시켜 과실 내 칼슘결핍과 관련된 저장생리를 억제 할 수 있었다(Lang et al., 2001).

따라서 본 연구는 단감과원의 수용성 칼슘과 IBA를 처리함으로써 토양과 엽 내 칼슘의 함량변화에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료 및 처리내용

실험재료는 전라남도 영암군 금정면에 위치한 부유 단감 농장에서 5m×3.3m으로 식재되어 있는 13년생의 '부유' 품종을 이용하였다. 처리제는 대유 (주)에서 생산하고 있는 액상 '다칼슘'(수용성 Ca 17%: Da-Ca) 과 FM 에그텍의 '발근력'(IBA 10% 함유)을 공시하였다.

시험은 대조구(Cont.), Ca 관주처리(Ca-FG, 40mL/20L/주), Ca 엽면시비(Ca-FA, 10mL/5L/주), Ca와 IBA의 혼합관주처리(Ca+IBA, Ca 40mL/20L/주+IBA 40mL/20L/주) 그리고 IBA 관주처리(IBA, 40mL/20L/주) 로 처리하였다. 처리는 2003년 8월 5일, 9월 10일, 10월 3일에 약 한달 간격으로 토양관주 및 엽면시비 하였고, 1주 1반복으로 처리당 5반복으로 수행하였다.

2. 조사내용

토양시료는 20, 40, 60cm 깊이에서 굴착하여 토양을 채취하였으며, 토양 채취시기는 처리 한 달 후인 8, 9, 10월 말경에 수행하였다.

토양분석은 농촌진흥청 토양화학분석법(RDA, 1988)에 준하여, pH는 토양과 물을 1:5로 하여 1시간 진탕한 후 pH meter로 측정하였다. 양이온은 체(2mm) 로 토양시료를 거른 후에 시료 10g을 1N-ammonium acetate로 30분간 진탕한 후 Whatman 여과지(No. 6)로 여과하여 비 이온수를 이용하여 100mL mess flask로 정용한 10배액을 이용하여 칼슘과 칼륨 그리고 마그네슘을 AAS(atomic absorption spectrophotometer, Pye-unicam PV 9000)로 분석하였다.

뿌리는 2003년 8월 27일에 주간으로부터 주지를 따라 1m 떨어진 곳의 토양을 굴착하여 뿌리를 취해 주근에서 측근을 분리하였다. 채취한 1mm 이하의 뿌리를 세척한 후 수분을 제거하고 0.5cm 간격으로 자른 일정량(0.5g)의 뿌리를 tri tetrazolium chloride(TTC) 0.1% 용액(1% TTC + 0.4M disodium succinate hexahydrate + 0.1M 인산염 완충액) 10mL에 넣어서 튜브에 담아 3시간 동안 항온기에서 36°C로 보관 후 시료를 거르고 formazon이 형성된 여액에서 5mL를 취하여 UV/VIS Spectrophotometer(Shimadzu, Japan)를 이용하여 470nm에서 흡광도를 측정하여 근활력의 정도를 확인하였다.

비 이온성 세제를 사용하여 엽 세척 후 수분을 제거하고 70~80°C의 열을 가하는 건조기에서 3일간 엽을 건조시킨 후 마쇄를 거쳐 20 mesh체로 거른 후에 시료로 사용하였다. 식물체 분해는 습식분해법으로 하였는데, 건조 후 분쇄한 시료 0.5g을 100mL 분해용 flask에 넣고 H₂SO₄ 10mL를 가하여 250°C에서 30분간 가열 후 370°C까지 온도를 올려 분해를 하였고 분해가 덜된 시료는 2~3mL의 H₂O₂를 첨가하여 다시 가열 분해시켰다. 이것을 식힌 후 Whatman 여과지(No. 6)로 여과하여 비 이온수를 이용하여 토양분석과 같은 방법으로 양이

온을 분석하였다.

3. 통계분석

시험구 배치는 난괴법으로 1주 1반복으로 구당 5주 배치하였다. 모든 시험에서 분석 시료의 결과는 처리 평균 간의 유의성 검증인 95% 수준에서 Duncan's multiple range test를 통해 수행하였다(SPSS 12.0).

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 수용성 칼슘처리가 토양화학적 근활력에 미치는 영향

토양 20cm 깊이에서 칼슘함량은 Ca-FG와 Ca+IBA 관주처리구에서 대조구와 비교하여 뚜렷하게 높게 나타났으며 8, 9, 10월에 걸쳐 점차 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 1-A). 하지만 Ca 단독 엽면처리구와 IBA 단독 관주처리구는 대조구와 비슷한 경향을 보였다. 이 결과는 토양 관주처리가 비교적 토양 표토에 가까운 20cm 깊이 내 칼슘함량 증진에 효과적이라는 것을 나타낸다.

토양 40cm 깊이에서 칼슘함량은 Ca-FG와 Ca+IBA 처리구에서 비슷한 경향을 보였지만 대조구에 비해 큰 차이를 보이지는 않았다(Fig. 1-B). 또한 8, 9, 10월에 걸쳐 점차 증가하는 경향을 보이지 않았다. 다른 처리구에서도 대조구와 별다른 함량의 차이를 보이지 않았다.

토양 60cm 깊이에서 칼슘의 함량은 대조구에 비해 Ca-FG와 Ca+IBA 그리고 Ca-FA 처리구에서 다소 높은 경향만을 보였고 8, 9, 10월에도 함량변화를 관찰할 수 없었다(Fig. 1-C). 토양 중 칼슘함량의 변화는 토양 지표면에 가까울수록 뚜렷하게 관찰된 반면, 60cm 깊이에서는 변화가 미미하였다. Stiles과 Reid(1991)은 토양 내 석회 시비 시 과실로의 흡수가 1년에서 2년까지 걸릴 수도 있다고 하였고, 이에 따라 토양 깊이에 따라 이동성에 제한을 받는다고 하였다. 따라서 토양 60cm 깊이에서 수용성 칼슘의 함량의 변화가 거의 없는 것으로 보아 칼슘은 토양 하부이동에 제한을 받는 것으로 생각된다. 또한 모든 처리구에서 20cm 깊이와 비교했을 때 40cm 깊이 토양 중 칼슘의 함량이 다소 낮은 경향으로 보아 토양하부로 갈수록 칼슘함량이 감소한다는 Yim(1983)의 주장과 일치됨을 알 수 있다.

수용성 칼슘처리에 따른 9월의 토양 0-20cm 깊이별 pH는 Ca-FG 처리구에서 6.9, Ca+IBA에서 6.6, 대조구에서는 5.8로 Ca관주 처리구에서 높게 나타났었다(Fig. 2-A). 이 두 관주처리구에서 처리 초기인 8월부터 pH는 높게 나타남을 관찰 할 수 있다. 이는 칼슘관주처리로 인한 토양의 칼슘함량 증가(Fig. 1-A)와 일치하는 것으로 보이며 이러한 결과는 칼슘사용이

토양 pH를 증가시킨다고 보고한 Elamin과 Wilcox(1986)의 결과와 일치한다. Ca FA처리구의 pH는 5.7, IBA 처리구는 6.0으로 대조구와 비슷한 값을 보여 IBA 단독과 칼슘의 엽면시비는 토양에 별다른 영향을 주지 않는 것으로 판단되며, Ca+IBA 처리구에서 10월의 급격한 감소는 실험오차로 여겨진다.

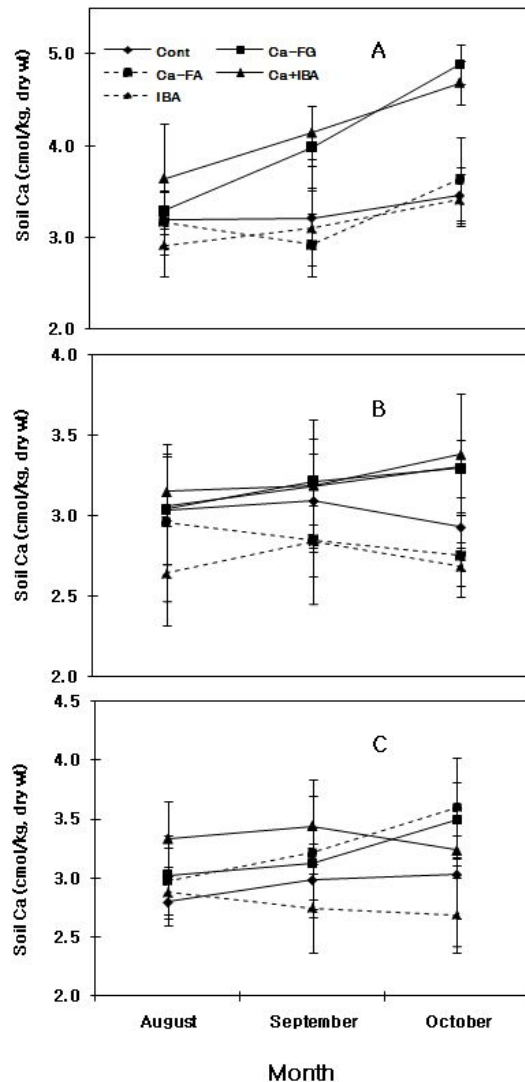


Fig. 1. Effect of Ca and IBA treatments on soil Ca concentration at 20 (A), 40 (B), 60 (C) cm depths in a 'Fuyu' sweet persimmon (*Diospyros kaki* L.) orchard in August, September, and October, 2003.

Cont=control, Ca-FG=calcium fertigation, Ca-FA=calcium foliar application, Ca+IBA=calcium+IBA fertigation, and IBA=IBA fertigation. Vertical bars show mean \pm SE of 5 replicates.

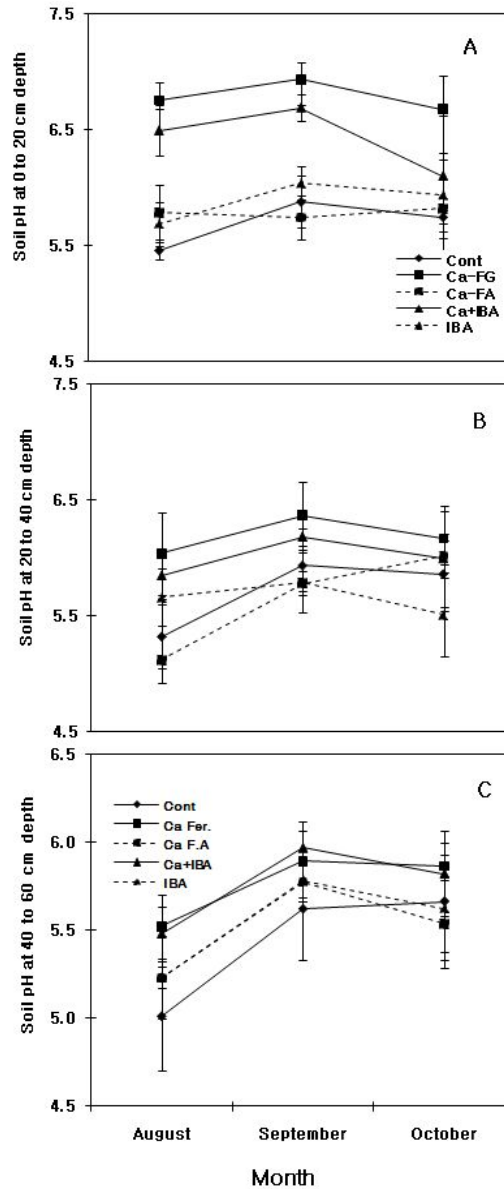


Fig. 2. Effect of Ca and IBA treatments on soil pH at 20 (A), 40 (B), and 60 (C) cm depths in a 'Fuyu' sweet persimmon (*Diospyros kaki* L.) orchard in August, September, and October, 2003.

Cont=control, Ca-FG=calcium fertigation, Ca-FA=calcium foliar application, Ca+IBA=calcium+ IBA fertigation, and IBA=IBA fertigation. Vertical bars show mean \pm SE of 5 replicates.

토양 40cm 깊이에서 Ca-FG와 Ca+IBA 처리구에서 9월 pH는 각각 6.3과 6.1로 대조구의 5.9보다 약간 높게 나타났으며 다른 처리구는 대조구와 비슷한 경향을 나타냈다(Fig. 2-B).

이런 결과는 Fig. 1-B의 칼슘함량의 경향과 일치함을 보여 주고 있다. 이는 칼슘시용이 토양 내 Ca와 pH를 증가시킨다는 Bhella와 Wilcox(1989)의 주장과 일치한다.

토양 내 60cm 깊이에서 pH의 유의적 변화는 오직 8월 처리구에서 관찰되었다(Fig. 2-C). Konesler Shelton(1990)의 인삼을 이용한 실험에서 칼슘시용으로 pH와 토양 내 치환성 양이온 함량이 증가하였다는 결과와 일치함을 알 수 있다. 이는 칼슘이 산성 토양에서 중화역활을 하여 토양 화학성 개선 등에 이용되는 이유를 잘 설명해주고 있다. 하지만 처리 방법과 처리 농도가 다른 수준으로 공급된 칼슘이나 IBA는 토양 내 칼슘농도나 pH의 변화에 대해 기술하기에는 조금 무리가 있어서 앞으로 같은 수준의 칼슘농도나 IBA를 처리해서 처리방법에 따른 토양 내 변화를 보는 연구가 필요하다고 할 수 있다.

2. 수용성 칼슘처리에 따른 근활력 변화

근활력을 보여주는 TTC 반응 흡광도는 대조구의 0.4에 비해 유의차가 없었더라도 모든 처리구에서 약간 높게 나타났으며, Ca-FG와 Ca+IBA 처리구에서 각각 0.5와 0.6으로 가장 높은 값이 나타났다(Fig. 3). Lee(2000)는 토양 pH가 높은 곳은 양분유효도가 가장 높고 유기물이 많아 토양의 물리성이 개선되어 뿌리의 신장이 용이하게 된다는 것을 보고했다. 또한, 토양 pH 증가에 따른 근활력의 향상은 근권의 통기성이 향상되어 근권 내 용존산소가 많아져 결국 뿌리가 호흡하기 좋은 상태가 되었기 때문인 것으로 판단되어 근활력은 근권 토양의 물리적 특성, 특히 근권 산소의 양과 밀접한 관련이 있다고 주장하였다. Ro 등

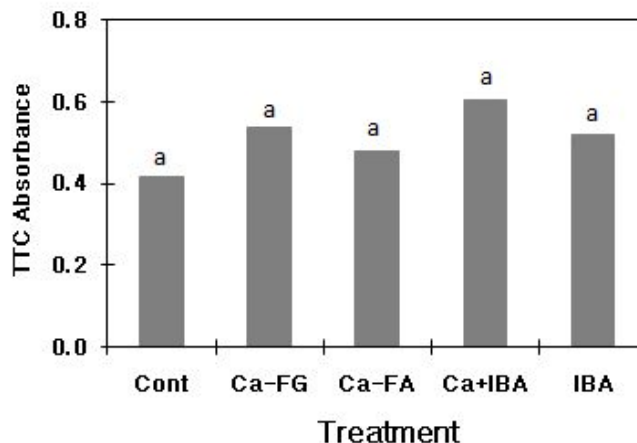


Fig. 3. Effect of Ca and IBA treatments on root activity of a 'Fuyu' sweet persimmon (*Diospyros kaki* L.) tree in August, September, and October, 2003.

Cont=control, Ca-FG=calcium fertigation, CA-FA=calcium foliar application, Ca+IBA=calcium+IBA fertigation, and IBA=IBA fertigation. Vertical bars show mean \pm SE of 5 replicates.

(1995)의 쓰가루 사과나무의 근활력 실험에서 침수로 근권환경이 나빠짐에 따라 근활력이 대조구에 비해 5배 정도 낮게 나타났다는 결과와 비슷하였다. 칼슘은 주로 미세한 뿌리를 통해서 apoplastic 경로로 이동하는 것으로 알려졌는데(Faust, 1989), 앞으로는 미세근을 포함한 전체적인 뿌리 성장량을 나타내는 실험을 추가해서 좀 더 정확한 뿌리생장의 증감을 도출해 내는 결과가 필요하다고 할 수 있다.

3. 수용성 칼슘처리가 엽 내 무기성분 함량에 미치는 영향

엽 내 Ca의 함량은 모든 처리구에서 대조구보다 유의적이지는 않지만 높게 나타나는 경향을 보였고, Ca-FA 처리구가 1.3%로 가장 높았으며 Ca-FG 처리구가 1.26%, Ca+IBA가 1.23%였다(Table 1). 본 실험과 관련하여 이미 보고된 과실의 칼슘함량에서는 처리구 모두 대조구보다 과실의 정단부, 중간부분, 그리고 선단부분에서 유의적으로 높은 결과가 나타났다(Kim et al., 2009). K는 Ca-FG 처리구와 IBA 처리구에서 각각 1.71%와 1.75%로 높게 나타났다. Mg는 Ca+IBA 처리구에서 가장 낮게 나타났으며 다른 처리구에서는 비슷한 경향이 나타났다.

Table 1. Effect of calcium treatments on leaf Ca, K, and Mg concentrations in 'Fuyu' sweet persimmon (*Diospyros kaki* L.) trees

Treatment	Ca (% dry wt)	K (% dry wt)	Mg (% dry wt)
Control	1.09 ± 0.15 ^z	1.63 ± 0.02	0.55 ± 0.09
Calcium fertigation	1.26 ± 0.06	1.71 ± 0.20	0.53 ± 0.04
Calcium foliar application	1.30 ± 0.19	1.62 ± 0.36	0.51 ± 0.11
Calcium+IBA fertigation	1.23 ± 0.30	1.61 ± 0.33	0.41 ± 0.08
IBA fertigation	1.20 ± 0.05	1.75 ± 0.25	0.52 ± 0.02

^z Values are mean ± SD.

IV. 요약

‘부유’ 단감은 주로 MA를 통해서 저장되지만, 저장기간 동안 과육의 과정부 갈변과 과피 흑변을 가져와서 과실의 품질을 저하시킨다. 칼슘은 세포막에 중요한 역할을 하며 칼슘과 관련된 과실 생리장해를 경감시킨다. 본 연구는 수용성 칼슘 관주와 엽면살포가 토양의 화학성, 근활력 그리고 엽 내 무기성분에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서 조사하였다. 칼슘

관주(Ca-FG) 와 칼슘과 IBA를 혼용한 관주(Ca+IBA)처리는 대조구(Cont), 칼슘 엽면살포(Ca-FA), 그리고 IBA관주처리(IBA)보다 높은 토양 칼슘함량을 보였으며, 토양 내 칼슘함량의 증가는 pH를 상승시키는 경향을 보였다. Ca+IBA처리는 근활력을 증가시켰다. 엽내 칼슘은 CA-FA에 증가되었고, Ca+IBA와 Ca-FG에 의해서도 증가하는 경향이 나타났다.

[논문접수일 : 2010. 1. 27. 논문수정일 : 2010. 4. 13. 최종논문접수일 : 2010. 4. 16]

참 고 문 헌

1. Bhella, H. S. and G. E. Wilcox. 1989. Lime and nitrogen influence soil acidity, nutritional status, vegetative growth and yield of muskmelon. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114: 606-610.
2. Elamin, O. M. and G. E. Wilcox. 1986. Effect of soil acidity and magnesium on muskmelon leaf composition and fruit yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 682-685.
3. Faust, M. (ed.). 1989. Nutrition of fruit trees. p. 53-132. In: *Physiology of Temperate Zone Fruit Trees*. A Wiley-InterScience Publication.
4. Kim, Y., W. S. Kim, H. S. Choi, and M. Gu. 2009. Effects of calcium and indole-3-butyric and treatments on calcium concentration and stem-end browning in 'Fuyu' sweet persimmons. *Kor. J. Food Preserv.* 16: 459-462.
5. Konsler, T. R. and J. E. Shelton. 1990. Lime and phosphorous effects on American ginseng: growth, soil fertility, and root tissue nutrient status response. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 570-574.
6. Kubowicz, B. D., L. N. Vanderhoef, and J. B. Hanson. 1982. ATP dependent calcium transport in plasmamembrane preparations from soybean hypocotyl: effect of hormone treatment. *Plant Physiol.* 69: 187-191.
7. Lang, A., M. H., Behboudian, J. Kidd, and H. Brown. 2001. Mulch enhances apple fruit storage quality. *Acta Hort.* 557: 433-439.
8. Lee, S. H. 2000. Effects of pH and organic matter content in orchard soil on growth and fruit quality of pear tree (*Pyrus pyrifolia*). M. S. Thesis. Chonnam National University.
9. RDA (Rural Development Administration). 1988. *Methods of soil chemical analysis*. RDA, SuWon, Korea.
10. Ro, H. M., J.M. Park, and K. Y. Kim. 1995. Effect of dissolved oxygen on the leaf water potentials, leaf nutrient compositions, root activities of 'Tsugaru' apple tree and the chemical

- environment of rhizosphere. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36: 493-499.
11. Stiles, W. C. and W. S. Reid. 1991. Orchard nutrition management. pp. 1-23. Cornell Co-operative Extension, Ithaca, U.S.A.
 12. Yim, Y. J. 1983. Effects of calcium on the fruit quality in the deciduous fruit trees. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 24: 338-352.