

## 셀레늄 처리가 배 ‘원황’ 과실 품질 특성에 미치는 영향

김현지 · 김월수<sup>1</sup> · 최현석<sup>2\*</sup>

전남농업기술원 친환경연구소, <sup>1</sup>전남대학교 원예학과, <sup>2\*</sup>아칸소주립대학교 원예학과

### Effect of Selenium Treatment on the Quality of ‘Wonwhang’ Pear Fruit

Hyun-Ji Kim, Wol-Soo Kim<sup>1</sup> and Hyun-Sug Choi<sup>2\*</sup>

*Chonnam Agriculture Research & Extension Service, Naju 520-715 Korea*

<sup>1</sup>*Chonnam National University, Department of Horticulture, Gwangju 500-757, Korea*

<sup>2\*</sup>*University of Arkansas, Department of Horticulture, Fayetteville, AR 72701, USA*

#### Abstract

We explored how ‘Wonwhang’ pear fruit quality was affected by selenium (Se) application. The fruit skin color and fruit type differed between Se-treated trees and controls. Se-treated fruits had higher potassium and Se concentrations, more fruit soluble solids, and lower acidity, compared to the controls. All Se treatments improved fruit firmness during cold temperature storage compared to the controls. Also, Se-treated fruits had greater specific gravity and minuteness, which reduced fruit pithiness and rendered test fruits denser than the controls. Overall, Se foliar application improved fruits marketability compared to the Se fertilization or Se trunk injection.

**Key words** : Selenium, pear, fertigation, trunk injection, fruit quality.

#### 서 론

최근 들어서, 인간의 생활양식이나 식습관이 변함에 따라 각종 성인병과 암의 발생이 급격히 증가하고 있다. 이러한 질병 발생의 주요 원인은 과도한 스트레스와 이를 방어하는 항산화 물질의 불균형에 의한 것이다. 이러한 질병을 예방하고자 건강보조 또는 의약품 식물로부터 약리성분을 추출하여 이용하거나, 다량 섭취하는 과채류에 항산화력이 있는 기능성 물질을 첨가시키는 시도가 점차 증가하고 있고 그 효능에 대한 검증도 계속되고 있다(1). 셀레늄(Se)은 인간과 동물에 매우 낮은 농도로 요구되는 필수 미량원소로서(2), 21번째 아미노산인 Selenocysteine과 단백질인 Glutathione peroxidase의 구성성분이다(3,4). Glutathione peroxidase는 항산화효소로 대사과정에서 생기는 노폐물이라고 할 수 있는 과산화수소, 지질과산화물, 인지질 과산화물등을 제거하는 기능을 한다(3). 현재까지의 연구결과를 보면 Se는

암세포의 성장을 억제하면서 암세포의 자살을 유도해서 여러 발암물질의 활성화를 막고, 각종 바이러스성 질병에도 상당한 방지효과가 있다고 밝혀졌다(3,5). 이러한 Se의 일일 권장량은 지역마다, 그리고 여러 환경에 따라 다르다. 근래의 미국의 연구에 따르면, 4년 반 동안 하루 200 µg을 섭취한 결과, 암과 관련된 사망률이 40%가 감소 한 것으로 나타났다(6). 국내에서는 최적의 건강상태를 유지하기 위한 섭취량에 관한 연구결과가 나와 있지 않고, 세계보건기구의 권장량을 적정 수준으로 보고 있다. 최근에 건강과 기능성식품에 관심이 고조되면서 보다 안정적이고 활성이 강한 천연 항산화제에 대한 관심이 높아짐에 따라 Se와 관련된 많은 연구가 농작물에서 진행되고 있다(1,7,8). 본 실험은 신품종으로 각광을 받고 있는 ‘원황’배에 Se 처리방법을 달리하여 과실 품질과 과실 내 Se함량에 미치는 영향을 알아보고자 수행하였다.

\*Corresponding author. E-mail : hchoi@uark.edu,  
Phone : 1-479-445-3177, Fax : 63-862-0069

재료 및 방법

공시재료 및 시험처리

공시재료는 전라남도 나주시 봉황면에 위치한 전남대학교 부속농장에 식재된 7년생 배 ‘원황’ 품종을 이용하였다. 처리제는 Sodium selenate( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ )를 공시하였다. 시험은 대조구(Control), Selenium 엽면시비(Foliar application=FA), Selenium 토양관주(Fertigation=FG), Selenium 수간주입(Trunk injection=TI)으로 처리하였다. 토양관주 처리는 2004년 5월 18일, 6월 23일, 8월 3일 약 1개월 간격으로 3회 처리하였고, 엽면살포 처리는 6월1일부터 약 15일 간격으로 6회 처리하였으며, 수간주입 처리는 6월 15일부터 1개월 간격으로 3회 처리하였다. 수간주입 처리 방법은 Fig. 1.과 같다. 처리 당 5반복(1주 1반복)으로 수행하였으며 처리농도는 10 ppm으로 하였다. 과실은 9월 10일에 수확하여 한 주당 5개의 과실을 가지고 각각의 특성을 조사하였다.



Fig. 1. Selenium solution was applied into the tree trunk with a injector.

과피색 조사

과실의 과피색은 색차계에 의해 L, a, b값으로 나타냈는데, L값은 과실의 밝기를, a와 b값은 색상과 채도를 표시하였다. 즉, a값이 높은 +인 경우는 과실이 적색에 가깝고, - 수치가 높을 경우에는 녹색에 근접함을 나타냈다. 색차계의 b값은 +인 경우 노란색을 -인 경우는 청색의 정도를 수치화 하였다. 수확된 과실의 과피색은 수확 직후, 1개월 후, 3개월 후, 6개월 후로 나누어서 0.5~1°C의 저온 저장상태를 유지하면서 저장되었다. 수확된 과실의 과피색은 color meter(CR 301 Minolta, Japan)를 이용하여 Hunter L, a, b값으로 표시하였다.

과실특성

과실 내 당도와 경도는 각각 굴절당도계(Refractometer, Atago, Japan)와 5 kg 경도계(Hand refractometer, Japan)를 이용하여 측정하였다. 과육 내 산함량은 malic acid로 환산하였다. 과일의 형태는 과실 폭(Diameter, D)을 종단길이(Length, L)로 나눈 L:D 비율로 표시하였다. 석세포 함량은 Lee(9)가 사용했던 방법을 이용하여서 과실 생체중 발생

함량을 조사하였다. 과실 비중은 단위부피당 무게로 환산하였고 조직의 치밀도는  $1\text{cm}^3$ 의 무게로 측정하였다. 과실 생리장해 현상중의 하나인, 과육 바람들이는 Digital microscope DG-2(A0001-04A, Korea)를 이용하여  $\times 100$ 배로 측정하였다.

과실 내 무기성분 함량

수확된 과실의 분해는 습식분해법으로 하였는데, K, Ca, Mg 분석을 위해 ICP(Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer; IRIS Argon plasma spectrometer; Thermo jarrell Ash, USA)를 이용하였고, 엽내 게르마늄 함량은 ICP-MS로 측정하였다.

결과 및 고찰

과피색에 미치는 영향

과피색 측정을 위해서 Hunter value를 이용하였는데, 과실의 밝기를 나타내는 L값과 노란색의 정도를 나타내는 b값은 저장기간이 길어질수록(1개월->6개월) 처리구에 관계없이 낮아졌다(Table 1). 이와는 반대로 과피의 적색의 강도를 나타내는 a값은 높아지는 경향을 보여서, 과실이 시간이 경과함에 따라 더욱 성숙됨을 알 수가 있다. 과실 밝기는 Se 토양관주 처리구에서 모든 저장기간 동안 가장 밝은 과실을 유지했으며, 적색 또는 노란색의 정도를 나타내는 a와 b값은 대체적으로 Se처리구나 저장기간에 관계없이 유의성을 보이지 않았다.

Table 1. Fruit skin color (hunter values) as affected by selenium (Se) treatment of 'Wonwhang' pear

Se treatment <sup>1)</sup>	Hunter value								
	1 month			3 month			6 month		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Control	64.8a <sup>2)</sup>	1.60a	43.5a	62.6a	3.79a	42.6a	61.5b	5.87a	42.3b
FA	63.5b	1.79a	44.3a	62.9a	4.77a	43.5a	62.0a	5.90a	43.3a
TI	63.3b	1.91a	43.9a	62.5a	5.95a	43.7a	60.7b	6.89a	43.5a

<sup>1)</sup>Se treatment : FA = Foliar application; FG=Fertigation; TI=Trunk injection.

<sup>2)</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05. n=5.

Fig. 2는 Se처리에 따른 과육의 갈변정도를 알아보기 위해서 과실을 반으로 쪼갠 후에, 실온에서 그 변화를 살펴보았다. 6시간 후에 조사한 결과, Se 엽면처리구가 대조구보다 갈변 속도가 더 지연됨을 알 수가 있다. 과실 내 갈변 촉진 효소인 폴리페놀 산화효소(polyphenol oxidase)가 공기 중의 산소와 반응해서 폴리페놀 갈변이 일어나는데 Se가 앞에서 인용했던 항산화제 즉 환원제로 작용하게 되어 갈변을 억제시킨 것으로 판단된다(3). 하지만, 본 연구에서

는 과실 내 폴리페놀 산화효소와 셀레늄 합성에 관련한 결과가 없어서 이 분야에 대한 연구가 시급한 실정이다.

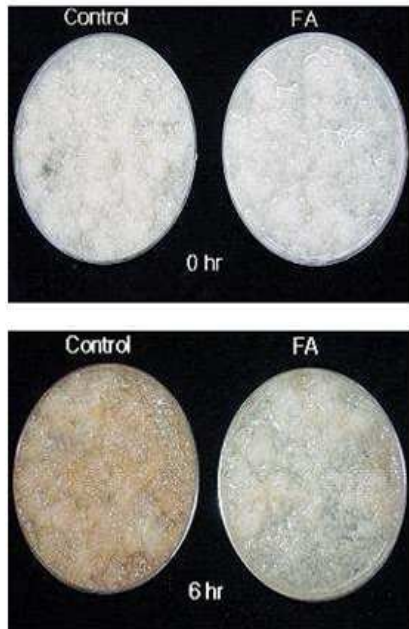


Fig. 2. Comparison of fresh color in room temperature on 0 and 6 hours after cutting surface of pear fruit as affected by control and FA treatment of a 'Wonwhang' pear.

FA = Foliar application.

**과실 무기성분에 미치는 영향**

Se처리에 따른 과실의 무기성분 함량을 보면 칼륨(K)은 모든 처리에서 대조구보다 높아지는 경향을 보였고, 특히 엽면처리구에서 가장 높은 과실 내 K함량을 나타냈다 (Table 2). 이와는 반대로, 칼슘(Ca)은 모든 Se처리구에서 대조구보다 낮아지는 경향을 보였으며 마그네슘(Mg)은 유의성을 나타내지 않았다. K와 Ca는 과실 내 흡수 시 길항작용을 나타내는데(10), 과실 내 흡수된 음이온인 Se는 K를 선택적으로 흡수했을 것으로 추정되며, Se처리구의 과실 내 흡수된 K는 Ca이온과 경쟁작용을 통해 Ca흡수를 억제했을 것으로 판단된다. Se처리에 따른 과실 내 Se함량을

Table 2. Fruit mineral nutrients as affected by selenium (Se) treatments of 'Wonwhang' pear

Se treatment <sup>1)</sup>	Fruit nutrient			
	Se ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{dw}$ )	K ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{dw}$ )	Ca ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{dw}$ )	Mg ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{dw}$ )
Control	20c <sup>2)</sup>	1.50b	0.15a	0.13a
FA	117a	2.14a	0.08b	0.12a
FG	35b	1.60ab	0.04b	0.10a
TI	123a	1.78ab	0.05b	0.11a

<sup>1)</sup>Se treatment : FA=Foliar application; FG=Fertigation; TI=Trunk injection.

<sup>2)</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05. n=5.

살펴보면 배나무 엽에서와 같이(데이터 미 제시) 엽면살포와 수간주입에서 117, 123  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{dw}$ 로 대조구 보다 약 6배 정도 높았다. Se 토양관주 처리구는 대조구보다 높은 과실 내 Se함량을 나타냈으나, Se 엽면살포나 수간주입 처리구보다 유의적으로 낮은 함량을 나타냈다.

**과실특성에 미치는 영향**

과형지수는 처리 간에 차이가 없어서 비슷한 과실 형태를 나타냈다(Table 3). 가용성 고형물 함량은 과실 내 K함량이 유의적으로 높았던 엽면살포와 수간주입 처리구에서 가장 높았다. K는 엽내 기공의 개폐작용을 하는 중요한 무기성분인데, K함량 증가는 광합성능력을 촉진하여 엽내 당 생성을 증가시킬 수 있다(10). Se처리구에 의해 증가된 과실 내 K와 이에 따라 축적된 과실 당도와 달리, 과실의 산도는 모든 Se처리구가 대조구 보다 낮아지는 경향을 보여서, 과실의 산미를 결정하는 당산비(a/b)가 높게 나타남에 따라, Se처리구의 과실들은 신맛이 적고 단맛이 강한 과실의 특성을 나타냄을 알 수가 있다. 과육의 씹힘성을 저해하는 석세포 함량은 Se처리 또는 처리방법 간에 유의성이 없었다.

Table 3. Fruit characteristics as affected by selenium (Se) treatments at 'Wonwhang' pear

Se treatment <sup>1)</sup>	Fruit characteristics				
	Shape index (L/D)	Soluble solids (% A)	Acidity (% B)	A/B	Stone cell ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{fw}$ )
Control	0.84a	13.6c	0.82a	16.6c	31.3a
FA	0.85a	15.1a	0.78b	19.5a	29.9a
FG	0.84a	13.8c	0.79b	17.5b	29.9a
TI	0.88a	14.5b	0.77b	18.9a	30.5a

<sup>1)</sup>Se treatment : FA=Foliar application; FG=Fertigation; TI=Trunk injection.

<sup>2)</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05. n=5.

**과실물성에 미치는 영향**

수확 직후부터 30일까지 과실의 상온 저장(20°C)시, Se처리에 따른 과실의 경도변화를 살펴보았는데 저장 30일 후 대조구는 8.33N으로 가장 낮았고, 엽면살포 처리구에서 12.74N으로 가장 높게 나타났으며 모든 Se처리구가 대조구에 비해 높은 경향을 보였다(Fig. 3). 대체적으로 상온 보관기간이 길어질수록 처리구와 대조구간에 과실경도 차이가 적어지는 경향을 나타냈다.

저온저장(0°C)시, 경도변화는 Se처리구와 대조구간에 저장기간에 상관없이 그 차이는 더욱 뚜렷하였다(Fig. 4). 저장 180일 후 대조구는 18.95N, 엽면살포 처리구는 24.01N으로 대조구에 비해 모든 Se 처리구에서 현저히 높아지는 경향을 보였다. 과일은 장기간 저장에 의해 산화되어서 갈변하게 되어 상품성을 잃게 된다. 즉 활성산소가 만들어져

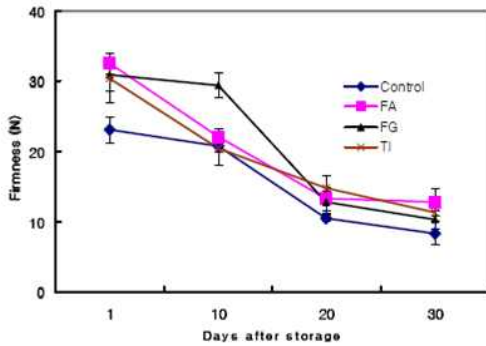


Fig. 3. Fruit firmness as affected by selenium treatments after 1, 10, 20, and 30 days storage at room temperature (20°C).

FA = Foliar application; FG = Fertilization; TI = Trunk injection.

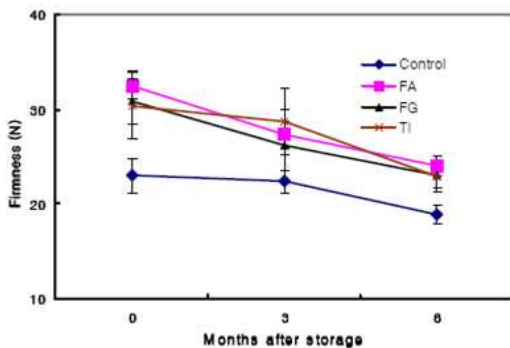


Fig. 4. Fruit firmness as affected by selenium treatments after 0, 3, and 6 month storage (0°C).

FA = Foliar application; FG = Fertilization; TI = Trunk injection.

서 조직이 상하고 썩는다고 볼 수 있는데 이런 활성산소계 물질을 무독화 시키는 것이 항산화 기작이고, 여기에는 Se를 함유하는 glutathione peroxidase 효소가 포함된다(11). 또한 1999년에 Hartikainen 등(12)은 Se를 처리한 ryegrass와 상추에서 UV에 대한 항산화작용을 밝힌 바 있다. 따라서 본 실험에서도 과실 내 Se함량에 비례적으로 생체 활성산소 제거능이 증가하고, 조직의 손상을 저해함으로써, 배의 저장이 더 오랫동안 지속되는 것으로 추측된다. 하지만, 정확한 해석을 위해서는 처리간 Glutathione peroxidase의 활성측정 등 앞으로 좀 더 깊이 있는 연구가 필요하다.

과실의 비중은 모든 Se 처리구에서 대조구 보다 높게 나타났으며, 특히 엽면살포와 수간주입 처리구에서 높아지는 경향을 보였다(Table 4, Fig. 5). 과실의 치밀도 또한 비중과 같이 두 가지 Se처리구에서 유의적으로 높은 경향을 나타냈다. 이것은 과실의 경도와도 밀접한 관련이 있는데 경도가 높으면 조직이 더 치밀해져 저장력이 좋아짐을 알 수 있다. 본 실험에서도 Se처리에 의해, 실온에서 또는 저온 저장고에서 오랜 기간 동안 과실경도를 유지해서, 대조구에 비해 과실비중과 조직치밀도가 높게 나타났다. 높은 과실 비중은 세포간극간의 감소를 가져와서, 과실의 바람들이

이 현상을 감소시킨다는 이전의 보고가 있는데(13), Se처리에 의해 증가된 과실 비중이 상품성을 저하시키는 과실의 바람들이(pithiness) 현상을 대조구에 비해 억제한 것으로 추측된다.

Table 4. Fruit specific gravity, minuteness, and pithiness as affected by selenium (Se) treatments at 'Wonwhang' pear

Se treatment <sup>1)</sup>	Specific gravity (g/cm <sup>3</sup> )	Minuteness (g/cm <sup>3</sup> )	Pithiness (%)
Control	0.96c2)	1.97c	38a
FA	1.02a	2.06b	19c
FG	1.00b	2.06b	25b
TI	1.03a	2.20a	20c

<sup>1)</sup>Se treatment : FA=Foliar application; FG=Fertilization; T =Trunk injection.

<sup>2)</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05. n=5.

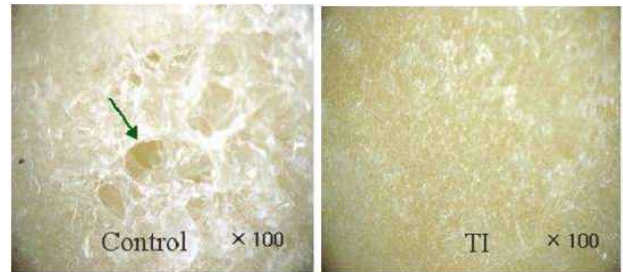


Fig. 5. Fruit pithiness as affected by control and TI selenium treatment of a 'Wonwhang' pear.

TI = Trunk injection.

## 요 약

본 연구는 셀레늄(Se) 처리가 ‘원황’ 배 과실품질에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다. 과실의 색상과 과형은 처리 간에 차이가 없었다. 모든 Se처리는 과실 내 칼륨과 Se함량을 높였으며, 과실의 단맛을 높이고 신맛을 줄이는 결과를 나타냈다. 저온 저장 시 과실의 경도를 조사한 결과, 모든 Se 처리구에서 대조구보다 높은 과실경도를 유지했다. 또한 Se 처리구에서, 높은 과실 비중과 과육 내 치밀한 세포 조밀도를 나타내서, 배 과일의 상품성을 저하시키는 바람들이 현상을 감소시켰다. 전체적으로 Se 처리방법에 따른 과실품질의 유의적인 차이는 크지 않았으나, Se 엽면 살포구에서 보다 더 나은 상품성 과실을 생산할 수 있는 토대를 마련하였다.

## 감사의 글

본 연구는 전남대학교 배 특성화 센터의 연구비 지원으

로 수행된 연구 결과의 일부로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Lee, G.P. and Park, K.W. (2001) Study of selenium and germanium treatment on their accumulation traits and induced antioxidant capacity in 'seoul' lettuce in hydroponics. *Acta Hortic.*, 548, 491-496
2. Mengel, K. and Kirkby, E.A. (1989) Elements with more toxic effects. In: *Principles of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers 5<sup>th</sup> edition. Germany, p. 657-673
3. Chung, A. S., Yoon, S. O., Jung, U. and Park, J. M. (2003) Effect of selenium on chemoprevention and metastasis. *J. Korean. Asso. Cancer Preven.*, 8, 45-52
4. Rotruck, J.T., Pope, A.L., Ganther, H.E., Swanson, A.B., Hafeman, D.G., and Hoekstra, W.G. (1973) Selenium; biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science*, 179, 588-590
5. Stadtman, T.C. (1996) Selenocystein. *Annu. Rev. Biochem.*, 65, 83-100
6. Clark, L.C., Combs, G.F.Jr., Turnbull, B.W., Slate E.H., Chalker, D.K., Chow, J., Davis, L.S., Glover, R.A., Graham, G.F., Gross, E.G., Krongrad, A., Leshner, J.L.Jr., Park, H.K., Sanders, B.B.Jr., Smith, C.L., Taylor, J.R. (1996) Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin. A randomized controlled trial. Nutritional prevention of cancer study group. *J. Am. Med. Assoc* 276, 1957-1963
7. Mikkelsen, R.L. and Wan, H.F. (1990) The effect of selenium on growth and quality in hydroponically-grown Korea mint (*Agastache rugosa*). *J. Korean. Soc. Hort. Sci.*, 42, 483-486
8. Park, K.W. and Yang, D.S. (2004) Production of functional Korean ginseng by selenium supplement in hydroponic system. *Acta Hortic.*, 629, 307-311
9. Lee, J.E. and Kim, W.S. (2001) Morphological characters of stone cells on the effect on fruit quality of pears. *J. Korean. Soc. Hort. Sci.*, 42, 449-452
10. Faust, M. (1989) Nutrition of fruit trees. In: *Physiology of temperate zone fruit trees*, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., p. 53-132
11. Lauchli, A. (1993) Selenium in plants: Uptake, function, and environmental toxicity. *Bot. Acta.*, 106, 455-468
12. Hartikainen, H., Xue, T. and Piironen, V. (2000) Selenium as an antioxidant and pro-oxidant in ryegrass. *Plant Soil*, 225, 193 - 200
13. Faust, M. (1989) Fruiting. In: *Physiology of temperate zone fruit trees*, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., p. 169-234

---

(접수 2009년 6월 5일, 채택 2009년 10월 30일)