

‘신고’ 배 과원에서 게르마늄 처리방법이 동계전정된 가지의 게르마늄 함량과 화아에 미치는 영향*

최현석** · 김월수*** · 김태연**** · 최경주***** · 이 연*****

Effects of Germanium Treatment on Germanium Concentration and Flower Development in Winter Pruned Branches in ‘Niitaka’ Pear Trees

Choi, Hyun-Sug · Kim, Wol-Soo · Kim, Tae-Yeon · Choi, Kyeong-Ju · Lee, Youn

This study was established on which germanium (Ge), known as one of the functional nutrients, treatment is the most effective method for increasing Ge uptake and contributing flowering development in the pruned branches in the winter. Ge treatment included foliar application, soil fertigation, trunk injection, and the three-combined application. Ge concentration in the pruned branches was greater on the three-combined treated trees, and Ge treated branches had greater Ge concentrations than the control. Pruned branches grown in the solution culture had greater bud weight and bud scale number on the Ge treated trees than the control. Ge treatments increased flowering per branch and flower number per bud as well as improved resistance of the freezing temperature damage. Overall, there were no consistent results of all the variables by the Ge application methods.

Key words : *germanium, ‘Niitaka’ pear, foliar application, fertigation, trunk injection, bud, flowering, low temperature*

* 본 연구는 전남대학교 농업특성화센터의 배 수출사업단의 지원에 의 해서 수행되었습니다. 또한 국립농업과학원 유기농업과의 지원에도 감사드립니다.

** 국립농업과학원 유기농업과

*** 전남대학교 원예학과

**** 교신저자, (주) 세실(pomology@naver.com)

***** 국립농업과학원 유기농업과

***** 국립농업과학원 유기농업과

I. 서 언

20세기 후반부터 웰빙 음식산업이 사회전반으로 확산되면서 기능성이 높은 먹거리에 대한 관심이 증가하면서 기능성 물질을 식물에 첨가시켜 안전한 먹거리로 이용하려는 연구가 많이 이루어지고 있다(Kim et al., 2009). 근래에는 게르마늄의 효능이 인정되어 게르마늄의 함량이 많은 식품이 각광을 받고 있으며 관련된 연구도 활발히 진행되고 있다. 식물에서 추출한 천연유기 게르마늄이 뛰어난 항암효과와 중금속 해독작용 등 다양한 약리효과가 보고되었다(Fujii et al., 1993; Lee and Park, 2001). 따라서 대중식품으로 널리 식용되고 있는 과실에 성인병 등 약리효과가 많은 게르마늄을 흡수시켜 유기 게르마늄이 함유된 과실을 생산 보급할 수 있다면 각종 질병의 예방과 치료에 기능성 건강식품으로서 다소 기여할 수 있고 생체기능을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 식물체 내에 고농도 게르마늄 처리는 무기태 게르마늄의 증가로 식물 내 독성과 생장발육에 부작용을 일으킬 수 있어서, 과도한 무기태 게르마늄의 흡수를 최소화 하기 위한 농도선택이나 처리방법에 주의를 해야 한다(Kim et al., 2009). 게르마늄은 반도체산업의 재료, 독성 및 약리효과 측면에서 많이 연구가 수행되었지만 외국의 경우에도 게르마늄의 농업적 측면의 연구 결과는 거의 없는 편이다. 우리나라의 경우 미생물을 이용한 유기 게르마늄 연구와 작물에 대한 게르마늄 연구는 최근에 몇몇 연구자들을 통하여 생쥐를 통한 기내배양을 중심으로 이루어 졌으며(Song et al., 1995), 농작물은 대부분 약리작물(Kim et al., 1988; Park et al., 1996)이나 채소(Han et al., 1996; Lee and Park, 2001; Lee et al., 2005) 등에서만 주로 연구되어왔고 과수에 대한 연구는 없는 실정이다.

하지만 과수의 경우 환경적인 요인이나 여러 생태학적인 영향, 그리고 큰 나무 크기 때문에 토양에 무기성분 처리 시 그 효과가 미비할 수가 있다(Choi, 2009). 본 실험은 기능성 고품질 과실을 생산하기 위한 수단으로 게르마늄을 처리 하였을 때 처리방법에 따른 ‘신고’ 배 나무 가지의 게르마늄 함량과 생육 그리고 화아의 생리 반응에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료 및 처리내용

실험재료는 전라남도 영암군 덕진면 감배농원에 식재된 12년생 ‘신고’ 품종을 이용하였다. 처리제는 광주 과학기술원에 위치한 (주)캐러스 에서 생산하고 있는 엽면시비용 수용성 무기 게르마늄 액상인 ‘G⁺-Alpha’(3,000mg·L⁻¹ 게르마늄)와 토양관주용 수용성 무기 게르마

늄 액상인 ‘G⁺-Mineral’(3,000mg·L⁻¹ 게르마늄)을 사용하였다. 처리농도는 6mg·L⁻¹으로 하였고 혼용한 복합처리는 18mg·L⁻¹의 게르마늄 수용액이 사용되었다. 처리시기는 2004년 5월 중순부터 엽면시비(Foliar application=FA)와 토양관주(Fertigation=FG) 처리는 약 1달 간격으로 3회, 수간주입(Trunk injection=TI)은 6월 중순부터 1달 간격으로 3회 처리하였다. 시험은 대조구(Control), 엽면시비(FA), 토양관주(FG), 수간주입(TI), 그리고 위의 세 가지를 혼용한 복합처리(FA+FG+TI)를 포함하였다. 1주 1반복으로 처리 당 5반복으로 수행하였다.

2. 게르마늄 함량조사

2004년 8월에 도장지 중에서 한 나무 당 15가지를 수집한 후 70~80℃의 건조기에서 3일간 수집된 수피가 포함된 목질부 가지를 건조시킨 후 마쇄시켜 40mesh체로 거른 후에 시료로 사용하였다. 식물체 분해는 습식분해법으로 하였는데 시료 0.5g을 100ml 분해용 flask에 넣고 H₂SO₄ 10ml를 가하여 250℃에서 30분간 가열한 후 370℃까지 온도를 올려 분해를 하였고 분해가 덜된 시료는 2~3ml의 H₂O₂를 첨가하여 다시 가열 분해시켰다. 분해된 액체시료를 Whatman 여과지 No. 6을 사용하여 여과하여 3차 증류수를 이용하여 100ml mess flask로 정량하였다. 게르마늄 분석을 위해서 ICP(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer; IRIS Argon plasma spectrometer; Thermo jarrell Ash, USA)-MS를 이용하였다.

3. 개화 특성 조사

2005년 2월에 동계전정된 일정한 길이의 2년생 가지 중 한 나무 당 15개 가지를 수집하여서 증류수에 HQ(Hydroquinone) 250mg·L⁻¹를 녹인 용액에 처리별로 수삼하여 눈 및 개화 특성을 알아보았다. 눈의 양적인 형질을 측정하기 위해 수집된 가지에서 눈을 채취하여 버니어 캘리퍼스(Vernier calipers)로 종경과 횡경을 측정하였다. 눈의 중량은 전자저울을 이용하여 무게를 측정하였고 인편은 핀셋을 이용하여 벗겨가면서 수를 세었다. 개화율은 화분채취가 가능한 꽃봉오리가 풍선 모양인 것과 개약 직전의 개화된 꽃을 개화한 것으로 간주하여 개화된 눈의 꽃수를 조사하였다. 2005년 4월초 저온현상으로 지역별 차이는 있었지만 영하 2~4℃까지 떨어졌다. 그 후 1화총 당 꽃눈들의 상태를 조사하였다. 저온 스트레스를 받은 화총 당 5개의 암술이 검게 고사한 것과 저온 스트레스를 받지 않은 것을 분류해 조사하였다.

4. 통계처리

조사된 나무는 완전 무작위로 처리당 5주를 선발하였다. 통계처리는 SPSS statistics 17.0

프로그램에서 처리평균 간의 유의성 검증인 95% 신뢰도 수준에서 Duncan's multiple range test를 통해 수행하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 게르마늄 함량에 미치는 영향

1년생 도장지의 게르마늄 함량은 대조구에서 현저히 낮은 수치를 보였고 복합 처리구에서 유의적으로 높은 경향이 나타났고 엽면살포가 그 뒤를 따랐다. 엽면살포는 직접 엽면의 기공으로부터 흡수되기 때문에 대조구나 토양관주에 비해 게르마늄의 흡수율이 훨씬 높아 더 효율적인 흡수에 원인이 됐을 것으로 판단된다(Faust, 1989a). 토양관주와 수간주입 처리구도 대조구 보다 높은 경향을 나타냈다(Fig. 1). Han 등(1996)은 콩나물을 처리농도를 달리 한 게르마늄 수용액으로 재배하여 게르마늄 흡수량 시험을 하였는데 모든 처리농도에서 대조구 보다 높은 흡수량을 보였다. 하지만 고농도로 처리할수록 낮은 흡수율을 보였고 저농도인 $20\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 에서 가장 높은 게르마늄 흡수율을 보였다. 이러한 고농도(80 또는 $100\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)의 게르마늄은 상추에서도 발달저하와 뿌리의 이상을 가져왔다(Lee et al., 2005)고 보고하였다. 복합처리구는 최대 $18\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 게르마늄이 수체와 토양에 투입돼서 $6\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이 투입된 다른 게르마늄 처리구보다 가지 내 게르마늄 축적이 가장 높았다. 토양의 무기성분

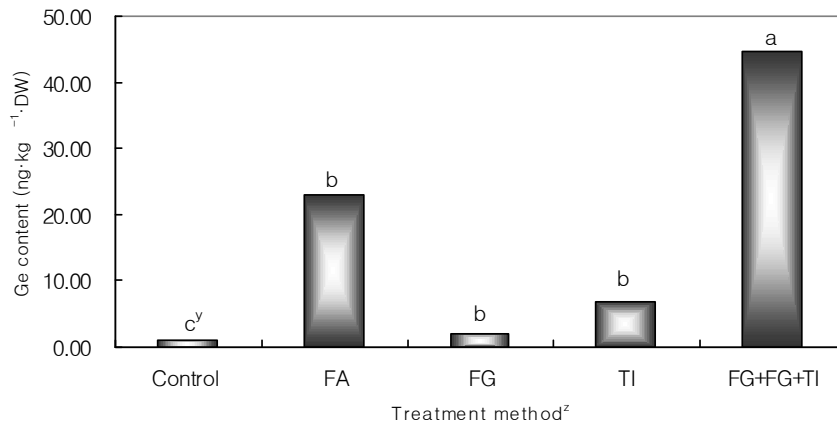


Fig. 1. Germanium concentration in one-year-old pruned branches in 'Niitaka' pear trees as affected by germanium treatment in December, 2004.

^y Different letters top columns indicate significant difference by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

^z Treatment method; FA = Foliar application, FG = Fertigation, and TI = Trunk injection.

중 칼슘의 경우 석회 산포시 토양에서 과일로의 흡수는 2~3년까지 걸릴 수가 있다(Bramlage, 1994). 엽면살포의 경우 기공에 직접적으로 무기성분의 흡수를 용이하게 해서 흡수효율을 높이는 장점이 있는데, 본 실험에서도 엽면살포는 같은 농도(6mg·L⁻¹)로 처리된 토양관주나 수간주입 보다 더 높은 게르마늄 함량을 보였다.

2. 눈의 특성과 화아발달에 미치는 영향

게르마늄 처리가 전정 된 2년생 가지의 눈의 특성에 미치는 효과를 알아보기 위해 생육 중인 눈의 특성을 조사해 보았다(Table 1). 눈의 중량은 대조구에 비해 토양관주와 수간주입에서 현저히 높았으며 엽면살포와 복합처리의 경우도 대조구 보다 유의적이지 않더라도 높은 경향을 보였다. 눈의 L/D율은 P<0.05에서 처리간에 별다른 차이가 없었다. 인편은 눈

Table 1. Bud characteristics in two-year-old pruned branches in ‘Niitaka’ pear trees as affected by germanium treatment in February, 2005

Treatment	FW. (mg)	Size (mm)			Scale No.
		Length (L)	Diameter (D)	L/D	
Control	82 b	11.8 b	5.0 a	2.4 a	9.7 d
Foliar application (FA)	87 ab	12.9 a	5.2 a	2.5 a	10.2 cd
Fertigation (FG)	98 a	12.4 ab	5.0 a	2.5 a	11.1 a
Trunk injection (TI)	97 a	11.8 b	4.8 a	2.5 a	10.8 ab
FA+FG+TI	87 ab	11.8 b	5.1 a	2.4 a	10.5 bc

Means separation within columns by Duncan’s multiple range test at $P=0.05$.



Fig. 2. Dormant buds in two-year-old pruned branches in ‘Niitaka’ pear trees as affected by control (A-Control) and germanium fertigation (B-FG) in February, 2005.

이 형성되는 과정에서 가장 먼저 발달되는 기관으로서 눈의 발달에 있어서 보호막과 같은 역할을 하는 기관이다(Greene, 1996). 눈의 인편 수는 대조구가 9.7로 가장 적었으며 엽면살포와 복합처리가 10.2, 10.5로 대조구 보다 많았으며 관주와 수간주입 처리구가 11.1, 10.8로 가지 당 가장 많은 인편수를 나타냈다. 즉 인편수가 대조구에서 9~10개 사이였으며 엽면살포와 복합처리구는 0.5~1개가 더 많았다. 관주와 수간주입 처리구에서는 1~2개의 인편수가 대조구 보다 많았다(Fig. 2).

Table 2. Flowering in two-year-old pruned branches in 'Niitaka' pear trees as affected by germanium treatment in February, 2005.

Treatment	Flowering (%)	No. of flowers per bud
Control	36 b	3.8 c
Foliar application (FA)	40 a	3.9 bc
Fertigation (FG)	41 a	4.3 ab
Trunk injection (TI)	50 a	4.5 a
FA+FG+TI	41 a	4.0 bc

Means separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

게르마늄 처리에 따른 처리별 개화율과 1화총당 개화율을 조사하였다(Table 2). 개화율은 대조구가 36%로 게르마늄 처리구보다 유의적으로 낮았고(P<0.05), 엽면살포, 관주, 복합처리가 모두 40~41% 정도를 보였고 수간주입 처리구가 50%로 가장 높은 개화율을 보였다. 또한 1화총 당 개화수는 대조구가 3.8로 가장 낮았으며 엽면살포, 관주, 복합처리가 각각 3.9, 4.3, 4.0으로 대조구보다 높았으며 수간주입이 4.5로 가장 높았다(Table 2). 눈의 인편수나 개화율은 세포분열이 먼저 일어나야 하는데 이러한 과정은 사이토키닌이 관여하며(Greene, 1996) 게르마늄 처리에 의해 증가된 게르마늄 함량이 그러한 호르몬 발생에 어떠한 연관이 있었을 것으로 생각된다. 하지만 호르몬과 게르마늄에 관련된 논문이 없어서 이에 따른 보다 더 심도 깊은 연구가 요구되며 호르몬과 게르마늄의 흡수관계의 상관관계를 밝히는 추가적인 연구가 필요하겠다. 이전 보고에서 고농도의 게르마늄 처리는 콩나물(Han et al., 1996)과 상추(Lee et al., 2005)의 생장을 저해시켰다고 하였는데, 본 실험에서는 18 ppm의 고농도의 게르마늄이 투입됐던 복합 처리구에서 저농도의 게르마늄 처리구들과 비교해서 별다른 고농도 장애가 나타나지 않은 것으로 판단된다. 또한 고농도의 복합처리구는 가지의 게르마늄 함량을 증가시켰지만 눈과 개화율에서는 저농도 게르마늄 처리구와 별다른 차이가 없는 것처럼 여겨진다.

개화시기인 4월초에 저온(영하 2~3°C) 스트레스를 받은 꽃을 조사하였다. 주두가 수정을

위해 활발히 성장하는 시기에 저온 스트레스로 인하여 주두가 고사하는 현상이 발생하였다. 특히 대조구에서 게르마늄 처리구보다 저온에 대한 주두 피해율이 현저히 높게 나타났다(Fig. 3). 대조구에서 저온에 의해 꽃 주두가 검게 그을린 괴사현상이 나타났고, 게르마늄 처리는 저온스트레스 하에서도 비교적 정상적인 주두의 모습을 보여주었다. 게르마늄 처리에 의한 배나무의 수체 내 게르마늄 함량의 증가는 저온에 저항성을 가지는 주두형성에 영향을 끼쳤던 것으로 판단된다. 저온에 반응하여 탄수화물이나 단백질 또는 칼륨 등과 같은 화합물이 세포 내에 합성이 증가하여 세포 내 삼투작용을 통해 저온 스트레스를 극복하는 것으로 알려져 왔다(Faust, 1989b). 게르마늄이 식물체 내의 단백질과 탄수화물에 어떠한 영향을 끼치는 지에 대해서는 본 연구나 기존문헌에서 밝혀지지 않아서 이에 따른 추가적인 시험이 앞으로 필요하다고 할 수 있다.

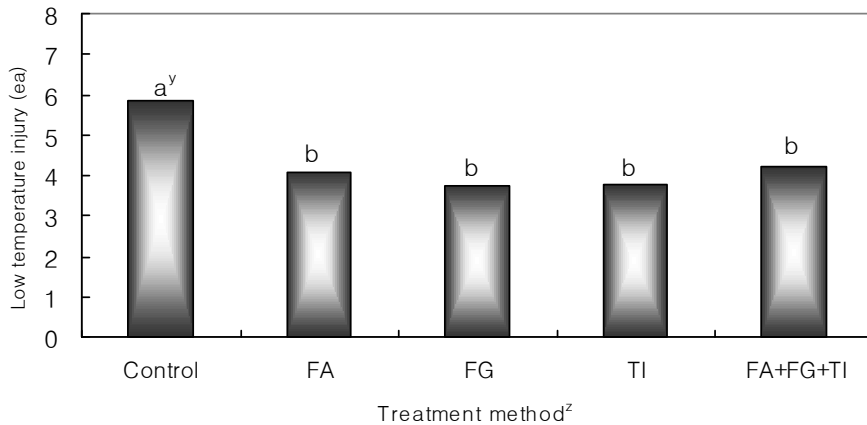


Fig. 3. Flower stigma viability in two-year-old pruned branches in ‘Niitaka’ pear trees as affected by germanium treatment February, 2005.

^y Different letters top columns indicate significant difference by Duncan’s multiple range test at $P=0.05$.

^z Treatment method; FA = Foliar application, FG = Fertigation, and TI = Trunk injection.

IV. 요약

본 연구는 기능성 성분으로 알려져 있는 게르마늄을 ‘신고’ 배나무에 처리 방법을 달리 했을 때 어떤 처리방법이 동계전정된 가지에 게르마늄 흡수를 증가시키며 화아형성에 기여하는지에 대해서 조사하였다. 게르마늄 처리는 엽면살포, 토양 내 관주, 수간주입, 그리고 세가지 복합처리를 포함하였다. 전정된 가지 내 게르마늄 함량은 복합처리구에서 가장 높았으며 게르마늄 처리 모두 대조구 보다 높은 함량을 보였다. 수확된 전정가지 당 눈의

중량과 발생 된 인편의 수는 게르마늄 처리구에서 대조구보다 높은 경향을 나타냈다. 게르마늄 처리구는 개화율과 화총 당 꽃수를 증가시켰으며 저온 피해에 대해 대조구보다 유의적으로 낮은 양상을 보였다. 전체적으로 게르마늄 처리방법에 따른 수체에 나타나는 효과는 일관성이 없었다.

[논문접수일 : 2010. 2. 20. 논문수정일 : 2010. 5. 10. 최종논문접수일 : 2010. 5. 18]

참 고 문 헌

1. Bramlage, W. 1994. Physiological role of calcium in fruit. pp. 101-107. In: Peterson, B. and R. G. Stevens (eds.). Tree fruit nutrition: A comprehensive manual of deciduous tree fruit nutrient needs. Good Fruit Grower, Yakima, U.S.A.
2. Choi, H. S. 2009. Effects of different organic apple production systems on seasonal variation of soil and foliar nutrient concentration. Univ. of Arkansas. Ph. D. Dissertation.
3. Faust, M. (ed.). 1989a. Nutrition of fruit trees. pp. 53-132. In: Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. A Wiley-InterScience Publication.
4. Faust, M. (ed.). 1989b. Photosynthetic productivity. In: Physiology of temperate zone fruit trees, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A. pp. 1-51.
5. Fujii, A., N. Kuboyama, J. Yamane, S. Nakao, and Y. Furukawa. 1993. Effect of organic germanium compound (Ge-132) on experimental osteoporosis in rats. Gener. Pharma. 24: 1527-1532.
6. Greene, D. W. 1996. Flower development. p. 91-98. In: Maib, K. M.(ed.). Tree Fruit Physiology: Growth & Development. Good Fruit Grower, Yakima, U.S.A.
7. Han, S. S., Y. S. Rim, and J. H. Jeong. 1996. Growth characteristics and germanium absorption of soybean cultured with the aqueous solution of organogermanium. Agr. Chem. and Biotech. 39: 39-43.
8. Kim, S. T., C. W. Lee, B. S. Choi, and B. C. Lee. 1988. Determination of germanium in ginseng radix by hydride generation-inductively coupled plasma spectrometry. J. Kor. Soc. Anal. 1: 203-209.
9. Kim, T. Y., W. S. Kim, and H. S. Choi. 2009. Effect of germanium treatment on the quality of 'Naitaka' pear fruit. Kor. J. Food Preserv. 16: 675-679.
10. Lee, G. P., H.S. Park, J. H. Won, and K. W. Park. 2005. Effect of GeO₂ concentration on

- hydroponically-grown lettuce (*Lactuca sativa*). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 46: 113-118.
11. Lee, G. P. and K. W. Park. 2001. Study of selenium and germanium treatment on their accumulation traits and induced antioxidant capacity in ‘Seoul’ lettuce in hydroponics. Acta Hort. 548: 491-496.
 12. Park, B. W., J. H. Lee, and T. O. Kwon. 1996. Effects of germanium treatment in culture medium on germanium absorption by callus induced from brown rice. J. Kor. Crop Sci. 41: 729-735.
 13. Song, W. J., S. C. Lee, and T. K. Oh. 1995. Perparation of organic germanium by yeast cell. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 23: 87-90.