

게르마늄 시용에 따른 녹두 생육 및 부위별 Ge 함량 변화

김동관*[†] · 천상욱** · 정선요*** · 이경동**** · 김관수***** · 임요섭*****

*전남농업기술원, **(주)캐러스, **경북대학교, ***동신대학교, ****목포대학교, *****순천대학교

Effects of Germanium (Ge) on Growth, Yield and Ge Content of Mungbean

Dong-Kwan Kim*[†], Sang-Uk Chon**, Sun-Yo Jung***, Kyung-Dong Lee****, Kwan-Su Kim*****, and Yo-Sup Rim*****

*Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-715, Reple of Korea

**Callus Ltd. Co., TBI Center, Gwangju Institute of Science and Technology, Gwangju 500-712, Republic of Korea

***School of Life Sciences and Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Republic of Korea

****Department of Oriental Medicine Materials, Dongshin University, Naju 520-714, Republic of Korea

*****Department of Medicinal Plant Resources, Mokpo National University, Muan 534-729, Republic of Korea

*****School of Environmental and Agricultural Science, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Republic of Korea

ABSTRACT This study was conducted to clarify the effective application method, uptake, and translocation of germanium (Ge) in mungbean plants. The foliar application of liquid Ge at 7 mg/ℓ during the flowering period, seeds containing 38.7, 14.1 μg/kg of Ge, from the first and second harvesting. It had 2.5 and 2.3 times more Ge than the seeds raised by using granule Ge at 7 mg/kg with basal fertilization. The foliar application of Ge at 3.5, 7, 14 and 28 mg/ℓ during the flowering period, yielded a relatively high record of seeds containing 14.9~77.8 μg/kg and 6.9~26.7 μg/kg of Ge, from the first and second harvesting. However, seeds from the first harvesting contained 2.2~4.1 times more Ge than the seeds of from the second harvesting. On the other hand, seeds from first and second harvesting of the non-treatment group Ge contained 1.9 and 3.2 μg/kg, respectively. When the foliar application of Ge at 7 mg/ℓ was conducted two or three times, the Ge content of the seeds in the first to third harvesting were all over 20 μg/kg. This indicates that a certain level of Ge can be accumulated. In seeds of mungbean containing 96 μg/kg of Ge, cotyledon had 138 μg/kg of Ge, which was 79% more than seed coat per unit weight. The growth and quantity of mungbean was not significantly different according to the formulation of Ge, the concentration and the frequency of foliar application of Ge used for in study.

Keywords : mungbean, germanium, application, seed

게르마늄은 1886년 Clemens Winkler가 argyrodite라는 광석에서 최초로 발견된 원소로 연성과 전성이 없는 비금속물질로서 전자공학분야에 널리 사용되어 왔고 무기게르마늄과 유기게르마늄으로 분류할 수 있다. 특히 1967년 Asia Germanium Research Institute에서 무기물인 이산화게르마늄으로부터 합성한 유기게르마늄인 2-carboxyethylgermanium sesquioxide(Ge-132)(Kumano *et al.*, 1985; Oikawa and Kakimoto, 1968)는 항종양 효과(Jang *et al.*, 1991; Jao *et al.*, 1990), 항돌연변이 작용(Mochizuki and Kada, 1982), natural killer cell, macrophages, T-suppressor cell의 활성화를 통한 면역강화 작용(Aso *et al.*, 1985; Suzuki *et al.*, 1985; Suzuki *et al.*, 1986), 생명연장 효과(Satoh and Iwaguchi, 1979), 항바이러스 효과(Aso *et al.*, 1985), 관절염 치료와 같은 항염증 효과(Dimartino, 1986; Sasaki *et al.*, 1984), 해열과 진통 효과(Kumano *et al.*, 1978; Suzuki and Taguchi, 1983), 중금속 해독(Lee and Chung, 1991) 등 다양한 약리작용을 가지는 것으로 보고되었다. 이러한 유기게르마늄의 생리활성 보고로 농가나 작목반 차원에서 벼, 고추 등에서 기능성 농산물 생산용 농자재로 사용되고 있다. 그리고 콩나물 재배과정에서 게르마늄 처리에 따른 콩나물의 생육촉진과 외관 및 맛 향상(Kim *et al.*, 2002a), 식이섬유, 페놀화합물, 비타민 및 무기질 함량증진(Kim *et al.*, 2002b)과 생산된 콩나물의 항돌연변이 효과(Kim *et al.*, 2004), 또는 토양과 농작물에서의 게르마늄 함량(Lee *et al.*, 2005; 전, 2000) 조사 등에 대해 보고되었다. 그러나 예로부터 미백,

[†]Corresponding author: (Phone) +82-61-330-2662

(E-mail) dkkim@jares.go.kr <Received April 30, 2007>

해열, 해독 등의 기능이 있어 민간이나 한방에서 많이 이용한 녹두에 유기게르마늄을 부가함으로써 그 기능성을 강화하려는 연구는 이루어지지 않았다. 이에 본 연구는 녹두 재배과정에서 게르마늄의 제형, 엽면살포 농도나 횟수에 따른 게르마늄 흡수와 녹두 생육뿐만 아니라 게르마늄 함유 녹두 종실의 부위별 게르마늄의 분포 등을 구명함으로써 기능성 녹두 생산에 게르마늄의 이용 가능성을 살펴보고자 수행하였다.

재료 및 방법

제형에 따른 게르마늄 함량과 생육

본 시험은 금성녹두, 어울녹두, 삼강녹두를 이용하여 전남 나주에서 60×10 cm 재식밀도로 2005년 6월 5일에 점파하여 본엽 3엽기에 주당 2개체로 고정하였다. 시비량은 1,000 m² 당 질소 4 kg, 인산 7 kg, 칼리 6 kg을 경운 선풍 전에 전량기비 하였고 기타 재배법은 관행에 준하였다. 액상 게르마늄은 (주)캐러스 제품 지플러스알파(엽면살포용)[®](Ge 3,000 mg/l)을 7 mg/l 농도로 개화기(7월 18일)에 잎에 충분히 젖도록 엽면살포하였고, 입상 게르마늄은 (주)캐러스 제품 지플러스알파(입상)[®](Ge 3,000 mg/kg)을 10 kg/10a로 기비와 함께 균일하게 사용하였다. 게르마늄 함량은 1차(8월 17일)와 2차(9월 1일)에 수확한 종실과 주경 5절위 엽을 8월 23일에 채취하여 증류수로 세척 건조 후 분석하였다. 종실과 엽의 게르마늄은 시료 0.2 g에 혼합산(HNO₃ 5 ml + H₃PO₄ 0.5 ml)을 처리하여 가열(159°C/6 hr) 냉방 후 gel 상태가 될 때까지 증발하고 증류수로 mass up 후 ICP-Mass Spectrometer(ELAN 6100, PERKIN ELMER)로 분석하였다. 토양의 게르마늄은 시료 0.2 g에 혼합산(HNO₃ 4 ml + HF 4 ml + HClO₄ 1 ml + H₃PO₄ 0.5 ml)을 처리하여 가열(159°C/6hr) 냉방 후 gel 상태가 될 때까지 증발하고,

다시 Boric acid 4 ml과 HClO₄ 1 ml를 처리하여 가열(159°C/2 hr) 냉방 후 gel 상태가 될 때까지 증발하고 증류수로 mass up 후 ICP-Mass Spectrometer(ELAN 6100, PERKIN ELMER, USA)로 분석하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 수행하였으며 시험 전 토양화학성은 Table 1과 같다. 녹두 생육특성은 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)에 준하여 조사하였고 모든 결과는 SAS program을 이용하여 α=0.05에서 DMRT(duncan's multiple range test)에 의해 유의성을 검정하였다.

엽면살포 농도에 따른 게르마늄 함량과 생육

본 시험에 이용된 품종, 재배법, 게르마늄 분석시료 채취와 분석방법, 생육특성 및 유의성검정 등은 “제형에 따른 게르마늄 흡수와 생육” 시험과 동일한 방법으로 실시하였고, 게르마늄 엽면살포는 액상제품을 이용 0, 3.5 7, 14, 28 mg/l 농도로 개화기(7월 18일)에 실시하였다. 시험에 이용된 제품은 (주)캐러스에서 생산한 지플러스알파(엽면살포용)[®](Ge 3,000 mg/l)을 이용하였다.

엽면살포 횟수에 따른 게르마늄 함량과 생육

본 시험은 어울녹두를 이용하여 전남 나주에서 60×10 cm 재식밀도로 2006년 6월 21일에 점파하였다. 기타 재배법, 게르마늄 분석방법, 생육특성 및 유의성검정 등은 “제형에 따른 게르마늄 흡수와 생육” 시험과 동일한 방법으로 실시하였다. 게르마늄 엽면살포는 7 mg/l 농도로 1회(개화기, 8월 4일), 2회(1회+1차 수확 후, 8월 21일), 3회(2회+2차 수확 후, 9월 4일) 실시하였다. 종실의 게르마늄은 1차(8월 21일), 2차(9월 4일), 3차(9월 20일) 수확 종실과 엽의 무기성분은 주경 5절위 엽을 9월 25일에 채취하여 증류수로 세척 건조하여 분석하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 수행하였으며 시험 전 토양화학성은 Table 2와 같다.

Table 1. Chemical properties in soil experiment, 2005.

pH (1:5)	O.M (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cat. (cmol(+)/kg)			C.E.C (cmol(+)/kg)	Ge (mg/kg)
			K	Ca	Mg		
6.3	20	336	0.5	9.1	3.0	13.1	1.564

Table 2. Chemical properties in soil experiment, 2006.

pH (1:5)	O.M (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cat. (cmol(+)/kg)			C.E.C (cmol(+)/kg)	Ge (mg/kg)
			K	Ca	Mg		
6.7	23	369	0.6	10.5	3.4	15.4	1.335

녹두 종실 부위별 게르마늄 분포

녹두 종실에 흡수된 게르마늄의 부위별 분포를 구명하고자 “엽면살포 농도에 따른 게르마늄 흡수와 생육” 시험의 게르마늄 28 mg/ℓ 처리구 1차 수확 종실을 이용하였다. 종피제거기(grain polisher, Kett)를 이용하여 종실을 순수한 종피와 자엽으로 완전히 분리하여 게르마늄을 분석하였다. 게르마늄 분석방법, 유의성검정은 “제형에 따른 게르마늄 흡수와 생육” 시험과 동일한 방법으로 실시하였다.

결과 및 고찰

제형에 따른 게르마늄 함량과 생육

게르마늄 입상제형 사용과 액상제형 엽면살포에 따른 녹두 생육과 수량 및 종실과 엽의 게르마늄 함량을 검토하였다. 경장, 주당협수 등 수량구성요소 및 종실수량은 Table 3과 같이 입상 또는 액상 게르마늄 처리와 무처리 간에 유의차 없었다. 사용 게르마늄 제형에 따른 종실의 게르마늄 함량은 Fig. 1과 같이 무처리구 1차와 2차에 수확한 종실이 각각 2.4, 3.9 μg/kg인 반면 액상제품 엽면살포구는 각각 38.7, 14.1 μg/kg으로 무처리 대비 각각 16.1, 3.6배 많고, 입상제품 사용구는 무처리 대비 각각 2.5, 2.3배 많았다. 한편 무처리구의 2차 수확 종실이 1차 수확 종실에 비해 게르마늄 함량이 많은 반면 액상이나 입상 게르마늄 처리구의 경우는 2차 수확 종실 대비 1차 수확 종실의 게르마늄 함량이 각각 2.8, 2.5배 많았다. 이처럼 액상제형의 엽면살포 뿐만 아니라 입상제형을 기비와 함께 사용하였을 경우에도 녹두 종실에 게르마늄이 흡수되는 것으로 보아 녹두 뿌리와 엽에서의 게르마늄 흡수가 용이하고 종실로의 축적 또한 빠르게 이루어짐을 확인할 수 있었다. 한편 협 형성 이전인 개화기에 엽면살포 하였기 때문에 협에 흡착되어 탈곡 등 기타 농작업 과정에서 종피에 흡착되지 않았을 것으로 보여진다. 그리고 종실 1차 수확 6일 후(8월 23일)에 채취한 주경 5절위 엽의 게르마늄 함량은 무처리구의 경우 검출되지 않

았으나 액상제품 엽면살포구는 2,399 μg/kg, 입상제품 사용구는 54.2 μg/kg이었다(not table). 이와 같이 액상제품 엽면살포구에서 엽의 게르마늄 함량이 매우 많은 것은 엽 채취 과정에서 증류수로 정밀하게 세척하였으나 물리적 세척으로는 완전 세척이 어렵고 엽면살포에 따른 생리적 흡수뿐만 아니라 물리적인 흡수로 인한 것으로 실제 생리적인 흡수량은 분석치와 다를 것으로 보여진다. 따라서 게르마늄 7 mg/ℓ를 엽면살포하거나 7 mg/kg을 입상사용을 하였을 경우 녹두 생육과 수량 등은 무처리 대비 유의차가 없는 반면 종실의 게르마늄 흡수량은 현저하게 많았으며 특히 엽면살포가 효과적이라고 본다.

엽면살포 농도에 따른 게르마늄 함량과 생육

게르마늄 엽면살포 농도에 따른 녹두 생육과 수량 및 종실과 엽의 게르마늄 흡수 정도를 검토하였다. 경장, 주당협수, 협당립수 및 종실수량은 Table 4와 같이 3.5~28 mg/ℓ의 농도로 엽면살포시에는 처리간 유의차가 없었다. 즉 게르마늄 28 mg/ℓ의 높은 농도로 엽면살포 하였을 경우에도 녹두 생육에는 지장이 없음을 확인할 수 있었다. 게르마늄 엽면살포 농도에 따른 종실의 게르마늄 함량은 Fig. 2와 같이 무처리구 1차와 2차 수확 종실의 경우 각각 1.9, 3.2 μg/

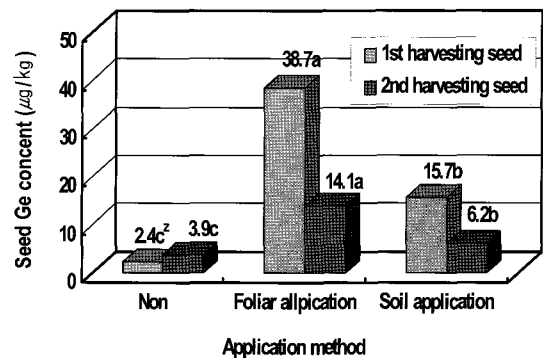


Fig. 1. Ge content of mungbean seed according to Ge application method. ^aMean separation within the same harvesting time by DMRT at 5% level.

Table 3. Grain yield and yield components of mungbean according to Ge application method.

Application method	Stem length (cm)	Pod no. per plant	Grain no. per pod	Grain yield (kg/10a)
Non application	54a [†]	18.6a	11.4a	140a
Foliar application	52a	18.1a	11.0a	144a
Soil application	57a	18.2a	12.0a	146a

[†]Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

Table 4. Grain yield and yield components of mungbean according to Ge foliar application level.

Foliar application level (mg/ℓ)	Stem length (cm)	Pod no. per plant	Grain no. per pod	Grain yield (kg/10a)
0	54a [†]	18.6a	11.4a	140a
3.5	52a	18.8a	11.5a	130a
7	52a	18.1a	11.0a	144a
14	55a	18.9a	10.9a	156a
28	57a	18.8a	11.7a	154a

[†]Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

Table 5. Grain yield and yield components of mungbean according to Ge foliar application time.

Foliar application time	Stem length (cm)	Pod no. per plant	Grain no. per pod	Grain yield (kg/10a)
0	38a [†]	8.5a	11.1a	168a
1	42a	8.1a	11.2a	177a
2	37a	8.1a	10.7a	151a
3	42a	8.2a	10.5a	153a

[†]Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

kg인 반면 게르마늄 3.5, 7, 14, 28 mg/ℓ의 농도로 엽면살포 하였을 경우 1차 수확 종실은 각각 14.9, 39.8, 56.5, 77.8 μg/kg, 2차 수확 종실은 각각 6.9, 11.6, 13.9, 26.7 μg/kg로 게르마늄 엽면살포 농도가 증가함에 따라 녹두 종실로의 흡수 축적이 증가됨을 알 수 있다. 그러나 무처리구 2차 수확 종실이 1차 수확 종실에 비해 게르마늄 함량이 많은 반면 엽면살포구 1차 수확 종실이 2차 수확 종실에 비해 농도에 따라 2.2~4.1배 많은 것은 전술한바와 같이 녹두 뿌리와 엽에서의 게르마늄 흡수가 용이하고 종실로의 축적 또한 빠름을 재확인할 수 있었다. 따라서 1회 엽면살포만으로 게르마늄이 균일하게 함유된 녹두 종실을 얻기는 곤란하다고 판단되었다. 그리고 종실 1차 수확 6일 후(8월 23일)에 채취한 주경 5절위 엽의 게르마늄 함량은 무처리구의 경우 검출되지 않았으나 게르마늄 3.5, 7, 14, 28 mg/ℓ의 농도로 엽면살포 하였을 경우 각각 0.98, 2.30, 3.01, 4.56 mg/kg로 엽면살포 농도가 증가함에 따라 비례해서 증가하였다(not table). 그러나 전술한바와 같이 게르마늄 엽면살포 시 녹두 종실에 비해 엽의 게르마늄 함량이 월등히 많은 것은 엽 분석시료의 물리적세척의 한계 등으로 인한 것으로 엽의 실제 생리적 흡수량은 분석치와 다를 것으로 보여진다.

엽면살포 횟수에 따른 게르마늄 함량과 생육

게르마늄의 엽면살포(7 mg/ℓ) 횟수에 따른 녹두 생육과

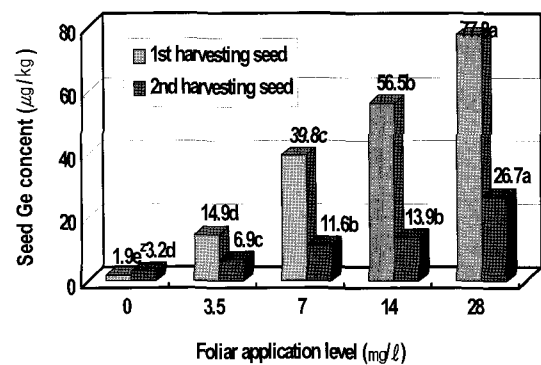


Fig. 2. Ge content of mungbean seed according to Ge foliar application level. [†]Mean separation within the same harvesting time by DMRT at 5% level.

수량 및 종실의 게르마늄 흡수 정도를 검토하였다. 경장, 주당협수, 협당립수 및 종실수량은 Table 5와 같이 처리간 유의차가 없어 게르마늄 7 mg/ℓ의 농도로 3회 엽면살포 하여도 녹두 생육과 수량 등에 영향을 미치지 않는 것으로 보여진다. 게르마늄 엽면살포에 따른 종실의 게르마늄 함량은 Fig. 3과 같이 무처리구는 1.2~1.9 μg/kg로 매우 적은 반면 엽면살포구에서는 현저히 많았다. 1차 수확 17일 전인 개화기에 1회 엽면살포구 1~3차 수확 종실의 게르마늄 함량은 각각 23.9, 9.1, 7.5 μg/kg로 1차 수확 종실이 2, 3차 수확 종실 대비 각각 2.6, 3.2배 많았다. 그리고 개화기와 1차 수

확 직후(2차 수확 15일 전) 2회 엽면살포구 1~3차 수확 종실의 게르마늄 함량은 각각 20.5, 28.5, 19.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 1차 수확 종실은 2차 수확 종실은 39% 많았고 3차 수확 종실과 비슷하였다. 한편 개화기와 1차 수확 직후 및 2차 수확 직후(3차 수확 16일 전) 3회 엽면살포구 1~3차 수확 종실의 게르마늄 함량은 각각 24.9, 26.7, 33.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 1차 수확 종실에 비해 2, 3차 수확 종실이 각각 7, 35% 많았다. 이와 같이 1회 엽면살포구에서 2, 3차 수확 종실의 게르마늄 함량이 낮은 것으로 보아 전술한바와 같이 녹두 재배과정에서 게르마늄 엽면살포시 종실로의 흡수이행이 빠른 것으로 보여진다. 녹두는 조파할 경우 4회, 만파할 경우 2회 수확하는데 일반적인 관행 재배의 경우 3회 수확한다. 따라서 전체 수확 종실의 일정량 수준으로 균일하게 게르마늄 함유 종실을 얻자고 할 경우에는 개화기와 1차 수확 직후 2회 엽면살포가 적당할 것으로 판단된다. 2005년 “엽면살포 농도에 따

른 게르마늄 흡수와 생육” 시험에서 7 mg/ℓ 처리구 1차 수확 종실의 게르마늄 함량이 39.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 인 반면 2006년에 수행한 본 실험에서 7 mg/ℓ 1회 엽면살포구 1차 수확 종실의 게르마늄 함량은 23.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 년차간 변이가 큰 것으로 보아 엽면살포 당시나 이후의 기상 등이 게르마늄 흡수에 영향을 미치는 것으로 예측된다. 9월 25일에 채취한 제 5본엽의 질소, 인산 함량은 게르마늄 엽면살포와 무처리 간 차이가 없는 반면, 3회 엽면살포구는 무처리에 비해 칼리 함량은 적고 석회와 고토 함량은 많은 경향이였다(Table 6). 따라서 게르마늄 처리에 따른 녹두 엽 무기성분 변화와 향산화력 및 병저항성 등에 대한 검토가 필요할 것으로 보여진다.

녹두 종실 부위별 게르마늄 분포

녹두 재배과정에서 게르마늄 처리시 종실로의 실질적인 흡수와 이행특성을 구명하고자 게르마늄 28 mg/ℓ 엽면살포구 1차에 수확한 종실의 자엽과 종피의 게르마늄 함량을 검토한 결과는 Table 7과 같다. 종실에서 자엽의 게르마늄 함량은 138 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 종피보다 단위 중량당 79% 많았다. 이처럼 자엽에 게르마늄이 함유된 것으로 보아 종실 함유 게르마늄은 개화기 1회 엽면살포로 협에 게르마늄이 흡착될 가능성이 낮을 뿐만 아니라 탈곡과정에서 엽면살포로 협에 흡착되었던 게르마늄이 종실로 흡착될 가능성 또한 매우 낮아 실질적인 흡수 축적에 따른 것으로 보여진다. 그리고 본 실험에 이용된 녹두 종실의 자엽과 종피의 구성비는 각각 81, 19%이었다(not table).

이상의 연구를 통해 게르마늄을 처리하지 않고 재배한 녹두의 게르마늄 함량은 1.2~3.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 극히 미량이라는

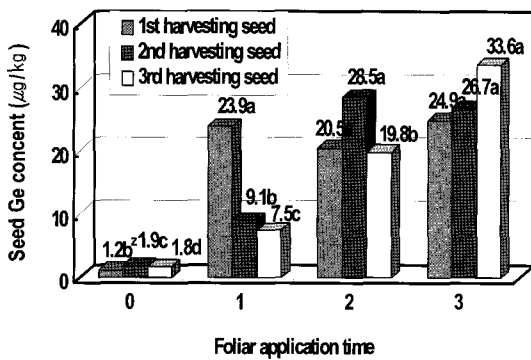


Fig. 3. Ge content of mungbean seed according to Ge foliar application time. ^aMean separation within the same harvesting time by DMRT at 5% level.

Table 6. Minerals contents (%) of mungbean 5th normal leaf according to Ge foliar application time.

Foliar application time	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
0	2.05	0.35	2.51	3.16	0.35
1	2.12	0.33	2.50	2.96	0.37
2	2.17	0.36	2.86	3.02	0.46
3	2.33	0.30	2.03	4.42	0.53

Table 7. Ge content in cotyledon and seed coat of mungbean seed, sprout and seed coat after product of mungbean sprout.

Before experiment seed ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Seed ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	
	Cotyledon	Seed coat
96	138	77

결과를 얻었다. 그러나 게르마늄 처리 없이 경남지역에서 재배한 쌀과 보리의 게르마늄 함량은 각각 68, 48 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 약용작물중 신선초, 토천궁, 인삼, 삼주, 백지, 맥문동, 도라지 등은 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이상, 선학초, 일당귀은 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하이고, 전반적으로 약용작물, 곡류, 채소류, 과일류 순으로 높다는 보고(Lee *et al.*, 2005)와 plant ash에 평균 20 mg/kg 정도 게르마늄이 함유되어 있다는 보고(Connor and Shacklette, 1975)로 볼 때 녹두의 게르마늄 흡수량은 매우 적은 것으로 보여진다. 그러므로 인위적인 처리 없이는 녹두의 게르마늄을 증진하기는 어려울 것으로 판단된다. 한편 게르마늄의 액상제형 엽면살포 뿐만 아니라 입상제형을 기비와 함께 사용하였을 경우에도 무처리에 비해 녹두 종실의 게르마늄 함량이 매우 높은 것으로 보아 게르마늄의 인위적인 처리가 녹두의 게르마늄 흡수에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보여진다. 또한 녹두 재배과정에서 인위적인 게르마늄 처리방법으로는 입상제형을 기비와 함께 사용하는 것보다는 액상제형 7 mg/l 를 개화기와 1차 수확직후 2회 엽면살포하는 것이 1~3차 수확 종실의 게르마늄 함량이 19.8~28.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 일정량을 함유하여 효과적인 방법이라고 본다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구비 지원에 의해 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

적 요

본 연구는 게르마늄 함유 녹두 생산을 위해 게르마늄의 효과적인 처리방법과 이행특성 등을 구명하고자 수행하였다.

1. 액상 게르마늄(7 mg/l) 개화기 엽면살포구 1, 2차 수확 종실의 게르마늄 함량은 각각 38.7, 14.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 입상 게르마늄(7 mg/kg)을 기비와 함께 사용하는 것보다 각각 2.5, 2.3배 많다.

2. 게르마늄 3.5, 7, 14, 28 mg/l 를 개화기 엽면살포구 1, 2차 수확 종실의 게르마늄 함량은 각각 14.9~77.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 6.9~26.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 엽면살포 농도에 비례하여 많았으나 1차 수확 종실이 2차 수확 종실에 비해 2.2~4.1배 많다. 반면에 무처리구 1, 2차 수확 종실의 게르마늄 함량은 각각 1.9, 3.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었다.

3. 게르마늄 7 mg/l 를 2회나 3회 엽면살포시 1~3차 수확 종실의 게르마늄 함량은 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이상으로 일정 수준의 게르마늄 축적이 가능하였다.

4. 게르마늄 96 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이 함유된 녹두 종실에서 자엽의 게르마늄 함량은 138 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 종피보다 단위 중량당 79% 많았다.

5. 본 연구에 이용된 게르마늄의 제형, 엽면살포 농도 및 횟수에 따른 녹두 생육과 수량은 유의차가 없다.

인용문헌

- 농촌진흥청. 2004. 농업과학기술 연구조사 분석기준. pp. 337-340.
- 전호식. 2000. 암석, 토양, 농작물 시스템에서 게르마늄(Ge) 및 관련원소들의 지구화학적 분석 연구. 한양대학교대학원 석사학위논문.
- Aso, H., F. Suzuki, T. Yamaguchi, Y. Hayashi, T. Ebina, and N. Ishida. 1985. Induction of interferin and activation of NK cells and macrophages in mice by oral administration of Ge-132, and organic germanium compound. *Microbiol Immunol.* 29(1) : 65-74.
- Connor, J. J. and H. T. Shacklette. 1975. Background geochemistry of some rocks, soil, plants and vegetables in the contaminous United States. *U.S. Surv. Prof. Pap.* 574, 168.
- Dimartino, M. J. 1986. Antiarthritic and immunoregulatory activity of spirogermanium. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 236 : 103-110.
- Jang, J. J., K. J. Cho, Y. S. Lee, and J. H. Bae. 1991. Modifying responses of allyl sulfide, indole-3-carbinol and germanium in a rat multi-organ carcinogenesis model. *Carcinogenesis.* 12(4) : 691-695.
- Jao, S. W., W. Lee, and Y. S. Ho. 1990. Effect of germanium on 1, 2-dimethylhydrazin induced intestinal cancer in rats. *Dis. Colon Rectum.* 33 : 99-104.
- Kim, E. J., K. I. Lee, and K. Y. Park. 2002a. Effects of germanium treatment during cultivation of soybean sprouts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31(4) : 615-620.
- Kim, E. J., K. I. Lee, and K. Y. Park. 2002b. Quantity analysis of nutrients in soybean sprouts cultured with germanium. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31(6) : 1150-1154.
- Kim, E. J., K. I. Lee, and K. Y. Park. 2004. Antimutagenicity of soybean sprouts cultured with germanium. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33(6) : 930-935.
- Kumano, N., T. Ishikawa, and S. Koinumaru. 1985. Antitumor effect of the organicgermanium compound Ge-132 on the Lewis lung carcinoma (34) in C57 BL/6 (B6) mice. *Tohoku J. Exp. Med.* 146 : 97-104.
- Kumano, N., Y. Nakai, T. Ishikawa, S. Koinumaru, S. Suzuki, and K. Konno. 1978. Effect of carboxyethylgermanium sesquioxide in the methylcholanthrene induced tumorigenesis. *Sci. Rep. Res. Inst. Tohoku Univ.* 25 : 89-95.
- Lee, H. M. and Y. Chung. 1991. Effect of organic germanium on metallothionein induction in liver and kidney of cad-

- mium and mercury intoxicated rats. Kor. Yakhak Hoeji, 35(2) : 99-110.
- Lee, S. T., Y. H. Lee, H. J. Lee, J. S. Cho, and J. S. Heo. 2005. Germanium contents of soil and crops in Gyeongnam province. Korean Journal of Environmental Agriculture. 24(1) : 34-39.
- Mochizuki, H. and T. Kada. 1982. Antimutagenic effect of Ge-132 on γ -ray-induced mutation in *Escherichia coli* B/r WP2 trpp. Int. J. Radiat. Biol. 42 : 653-659.
- Oikawa, H. and N. Kakimoto. 1968. Synthesis of carboxyethylgermanium sesquioxide compound. p. 1946. Proceeding of the 21st Annual Meeting of Japan Chemical Society, Japan.
- Sasaki, K., M. Ishikawa, K. Monma, and G. Takayanagi. 1984. Effect of carboxyethylgermanium sesquioxide (Ge-132) on the acute inflammation and CCl₄ induced hepatic damage in mice. Pharmacometrics 27(6) : 1119-1131.
- Satoh, H. and T. Iwaguchi. 1979. Antitumor activity of new novel organogermanium compound, Ge-132. Jap. J. Cancer Chemother. 6 : 79-83.
- Suzuki, F., R. R. Brutkiewicz, and R. B. Pollard. 1985. Importance of T-cell and macrophages in the antitumor activity of carboxyethylgermanium sesquioxide(Ge-132). Anticancer Res. 61(5) : 479-483.
- Suzuki, F., R. R. Brutkiewicz, and R. B. Pollard. 1986. Cooperation of lymphokine (s) and macrophages in expression of antitumor activity of carboxyethylgermanium sesquioxide (Ge-132). Antitumor Res. 62(2) : 177-182.
- Suzuki, Y. and K. Taguchi. 1983. Pharmacological studies of carboxyethylgermanium sesquioxide (Ge-132). Pharmacometrics 26(5) : 803-810.