韓資植誌 20(5) : 383~388(2007)
Korean J. Plant Res.

셀레늄 시용에 따른 녹두 생육 및 Se 함량 변화

김동관*, 정병준, 손동모, 천상욱[1], 이경동[2], 김관수[3], 임요섭[4]
전남농업기술원, [1](주)캐러스, [2]동신대학교, [3]목포대학교, [4]순천대학교

Effects of Selenium (Se) on Growth and Se Content of Mungbean

Dong-Kwan Kim*, Byung-Joon Jung, Dong-Mo Son, Sang-Uk Chon[1], Kyung-Dong Lee[2], Kwan-Su Kim[3] and Yo-Sup Rim[4]
Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-715, Korea
[1]Callus Ltd. Co., TBI Center, Gwangju Institute of Science and Technology, Gwangju 500-712, Korea
[2]Department of Oriental Medicine Materials, Dongshin University, Naju 520-714, Korea
[3]Department of Medicinal Plant Resources, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea
[4]School of Environmental and Agricultural Science, Sunchon National University, Sunchon 540-742, Korea

Abstract - This study examined the effective treatment method of selenium and translocation characteristics of selenium in order to produce mungbean containing selenium. The foliar application of selenium at 3.5, 7, 14, and 28㎎/ℓ during the flowering period, yielded a relatively high record of seeds containing 0.41~3.96㎎/kg and 0.27~2.38㎎/kg of selenium, from the first and second harvesting. However, seeds from the first harvesting contained 52~71% more selenium than the seeds from the second harvesting. On the other hand, seeds from first and second harvesting of the non-treatment group had the same amount of selenium at 0.02㎎/kg only. When the foliar application of selenium at 7㎎/ℓ was conducted two or three times, seeds from the first to third harvesting contained just the equal amount of selenium. However, when it was conducted only once, seeds from the first harvesting contained 56% and 67% more than seeds from the second and third harvesting, respectively. In seeds of mungbean containing 2.05㎎/kg of selenium, cotyledon had 2.99㎎/kg of selenium, which was 38% more than seed coat per unit weight. When mungbean sprout was produced, selenium content was 5.51㎎/kg, but seed coats by-product of sprouts had 0.78㎎/kg of selenium. The growth and quantity of mungbean was not significantly different according to the concentration and the frequency of foliar application of selenium used for in study.

Key words - Mungbean, Selenium, Application, Seed

서 언

셀레늄의 생리적 기능이 과거에는 독성에만 관심을 가졌으나 (Greger and Helen, 1987), 최근 여러 동물에서 영양학적으로 중요한 원소임이 증명되었고(Combs, 1981; Hilton *et al.*, 1980; McCoy and Weswig, 1969), 인간에게도 필수영양소임이 밝혀졌다(Keshan disease research group, 1979; Levander, 1982). 셀레늄은 암 예방에 필수적인 요소이고((Finley, 1998; Ip, 1998; Lu *et al.*, 1996), 중금속 독성을 감소시킨다(Hu and Zhu, 2000). 또한 결핍에 따른 Keshan병과 Keshan-Beck병 발생에 관하여 광범위하게 연구되었다(Ge and Yang, 1993). 셀레늄은 식물체에 의해 토양으로부터 selenate(SeO_4^{2-})나 selenite(SeO_8^{2-})의 무기화합물 형태로 흡수되어 glutathione peroxidase의 구성인자인 selenomethionine, selenosysthionine과 같은 유기화합물로 전환되면서 항산화작용을 가진다(Danielle and David, 2003). 식물체 함유 유기셀레늄은 무기셀레늄에 비해 흡수율이 좋고 독성이 적으며 체내 축적이 용이하다는 장점을 가지고 있다(Xu, 1983). 일반적으로 토양 내 셀레늄 함량은 0.1~2㎎/kg 정도이고 무기화합물(selenate, selenite, selenide)과 유기화합물(selenoamino acid)로 구성되어 있다. 재배토양에서 셀레늄 이동성은 근권에

*교신저자(E-mail) : dkkim@jares.go.kr

서 셀레늄 흡착을 향상시키는 작물재배조건에서 식물뿌리에 의해 감소될 수 있다(Nakamaru *et al.*, 2005). 각 식품의 셀레늄 함량은 원료 농작물 재배 토양의 지리적인 기원에 의존하고(Eurola *et al.*, 1990; Gupta and Gupta, 2000), 토양에 셀레늄이 부족한 핀란드는 셀레늄을 증가시키기 위해 1984년부터 비료에 셀레늄을 첨가하도록 법제화하였다(Conor, 1998). 그리고 콩 재배시 셀레늄 엽면시비가 셀레늄 함유 비료의 시용보다 셀레늄 흡수에 효과적이고 기타 콩 수량, 단백질, 지방에는 셀레늄 처리 유·무간 차이 없으며(Yang *et al.*, 2003), sodium selenate 엽면살포시 엽의 셀레늄 함량에 비례하여 superoxide dismutase와 glutathione peroxidase 활성이 증가되고 엽 노화시에도 활성 감소속도가 무처리에 비해 매우 늦다(Djanaguiraman *et al.*, 2005). 이러한 셀레늄의 생리활성 보고로 농가나 작목반 차원에서 벼, 고추 등에서 기능성 농산물 생산용 농자재로 사용되고 있다. 그러나 예로부터 미백, 해열, 해독 등의 기능성이 있어 민간이나 한방에서 많이 이용한 녹두(*Vigna radiata*(L.) Wilczek 또는 Mungbean)에 셀레늄을 부가함으로써 그 기능성을 강화하려는 연구는 이루어지지 않았다. 이에 본 연구는 녹두 재배과정에서 셀레늄 엽면살포 농도나 횟수에 따른 셀레늄 흡수와 녹두 생육뿐만 아니라 셀레늄 함유 녹두 종실의 부위별 셀레늄의 분포와 나물을 재배하였을 경우 이행 특성을 구명함으로써 기능성 녹두 종실과 나물 생산에 셀레늄의 이용 가능성을 살펴보고자 수행하였다.

재료 및 방법

엽면살포 농도에 따른 셀레늄 함량과 생육

본 시험은 금성녹두, 어울녹두, 삼강녹두를 이용하여 전남 나주에서 60×10㎝ 재식밀도로 2005년 6월 5일에 점파하여 본엽 3엽기에 주당 2개체로 고정하였다. 시비량은 1,000㎡ 당 질소 4 kg, 인산 7kg, 칼리 6kg을 경운 쇄토 전에 전량기비 하였고 기타 재배법은 관행에 준하였다. 셀레늄 엽면살포는 액상제품을 이용 0, 3.5 7, 14, 28㎎/ℓ 농도로 개화기(7월 18일)에 실시하였다. 시험에 이용된 제품은 (주)캐러스에서 생산한 셀레팜(엽면살포용)Ⓡ(Se 3,000㎎/ℓ)을 이용하였다. 셀레늄 함량은 1차(8월 17일)와 2차(9월 1일)에 수확한 종실과 주경 5절위 엽을 8월 23일에 채취하여 증류수로 세척 건조 후 분석하였다. 종실과 엽의 셀레늄은 시료 0.2g에 혼합산(HNO_3 5㎖ + H_3PO_4 0.5㎖)을 처리하여 가열(159℃/6hr) 냉방 후 gel 상태가 될 때까지 증발하고 증류수로 mass up 후 ICP-Mass Spectrom-eter(ELAN 6100, PERKIN ELMER)로 분석하였다. 토양의 셀레늄은 시료 0.2g에 혼합산(HNO_3 4㎖ + HF 4㎖ + $HClO_4$ 1㎖ + H_3PO_4 0.5 ㎖)을 처리하여 가열(159℃/6hr) 냉방 후 gel 상태가 될 때까지 증발하고 다시 Boric acid 4㎖과 $HClO_4$ 1㎖를 처리하여 가열(159℃/2hr) 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 횟수에 따른 셀레늄 함량과 생육

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

녹두 종실과 나물 부위별 셀레늄 분포

녹두 종실에 흡수된 셀레늄의 부위별 분포를 구명하고자 "엽

Table 1. Chemical properties in soil experiment, 2005

pH	O.M	Av. P_2O_5	Ex. Cat. (cmol(+)/kg)			C.E.C	Selenium
(1:5)	(g/kg)	(㎎/kg)	K	Ca	Mg	(cmol(+)/kg)	(㎎/kg)
6.3	20	336	0.5	9.1	3.0	13.1	Not detected

Table 2. Chemical properties in soil experiment, 2006

pH	O.M	Av. P_2O_5	Ex. Cat. (cmol(+)/kg)			C.E.C	Selenium
(1:5)	(g/kg)	(㎎/kg)	K	Ca	Mg	(cmol(+)/kg)	(㎎/kg)
6.7	23	369	0.6	10.5	3.4	15.4	Not detected

면살포 농도에 따른 셀레늄 흡수와 생육" 시험의 셀레늄 28mg/ℓ 처리구 2차 수확종실를 이용하였다. 종피제거기(grain polisher, Kett)를 이용하여 종실을 순수한 종피와 순수한 자엽으로 완전히 분리하여 셀레늄을 분석하였다. 그리고 셀레늄 함유 녹두 종실의 녹두나물 재배에 따른 이행특성을 구명하고자 재배 녹두나물에서 배축 등 가용부인 나물과 부산물인 종피를 분리하여 셀레늄을 분석하였다. 녹두나물은 지하수를 재배수로 이용하여 25±1℃에서 72시간 재배하였다. 셀레늄 분석방법, 유의성 검정은 "엽면살포 농도에 따른 셀레늄 흡수와 생육" 시험과 동일한 방법으로 실시하였다.

결과 및 고찰

엽면살포 농도에 따른 셀레늄 함량과 생육

셀레늄 엽면시비가 셀레늄 함유 비료의 시용보다 콩 셀레늄 흡수에 효과적이라는 연구 보고(Yang *et al.*, 2003)를 바탕으로 셀레늄 엽면살포 농도에 따른 녹두 생육과 수량 및 종실과 엽의 셀레늄 흡수 정도를 검토하였다. 경장, 주당협수, 협당립수 및 종실수량은 Table 3과 같이 3.5~28mg/ℓ 의 농도로 엽면살포시에는 처리간 유의차가 없었다. 즉 셀레늄 28mg/ℓ 의 높은 농도로 엽면살포 하였을 경우에도 녹두 생육에는 지장이 없음을 확인할 수 있었다. 셀레늄 엽면살포 농도에 따른 종실의 셀레늄 함량은 Fig. 1과 같이 무처리구 1차와 2차 수확 종실 모두 0.02mg/kg인 반면 셀레늄 3.5, 7, 14, 28mg/ℓ 의 농도로 엽면살포 하였을 경우 1차 수확 종실은 각각 0.41, 0.75, 1.69, 3.96mg/kg, 2차 수확 종실은 각각 0.27, 0.45, 0.99, 2.38mg/kg로 셀레늄 엽면살포 농도가 증가함에 따라 녹두 종실로의 흡수 축적이 증가됨을 알 수 있다. 그러나 무처리구 1, 2차 수확 종실의 셀레늄 함량이 같은 반면 엽면살포구 1차 수확 종실이 2차 수확 종실에 비해 엽면살포 농도에 따라 52~71% 많은 것은 녹두 뿌리와 엽에서의 셀레늄 흡수가 용이하고 종실로의 축적 또한 빠름을 확인할 수 있었다. 따라서 1회 엽면살포만으로 셀레늄이 균일하게 함유된 녹두 종실을 얻기는 곤란하다고 판단되었다. 한편 관행재배 콩의 셀레늄 함량이 0.094mg/kg이고 셀레늄 엽면살포구는 6.679mg/kg 이라는 보고(Yang *et al.*, 2003)와 같이 녹두에서도 셀레늄 처리에 따른 흡수가 콩과 같이 용이하나 콩에 비해 셀레늄 흡수량은 재배토양, 생육기간 차이 등의 요인이 있겠지만 관행재배와 셀레늄 엽면살포구 모두 적은 것으로 보여진다. 또한 종실 1차 수확 6일 후(8월 23일)에 채취한 주경 5절위 엽의 셀레늄 함량은 무처리구의 경우 0.02mg/kg 이었으나 셀레늄 3.5, 7, 14, 28mg/ℓ 의 농도로 엽면살포 하였을 경우 각각 0.72, 1.38, 2.35, 3.44mg/kg로 엽면살포 농도가 증

Table 3. Grain yield and yield components of mungbean according to Se foliar application level

Foliar applicationlevel (mg/ℓ)	Stem length (cm)	Pod no. per plant	Grain no. per pod	Grain yield (kg/10a)
0	55 a[z]	17.6 a	12.1 a	136 a
3.5	56 a	16.6 a	11.1 a	133 a
7	54 a	20.3 a	10.9 a	123 a
14	57 a	19.3 a	11.8 a	129 a
28	57 a	19.3 a	11.1 a	129 a

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

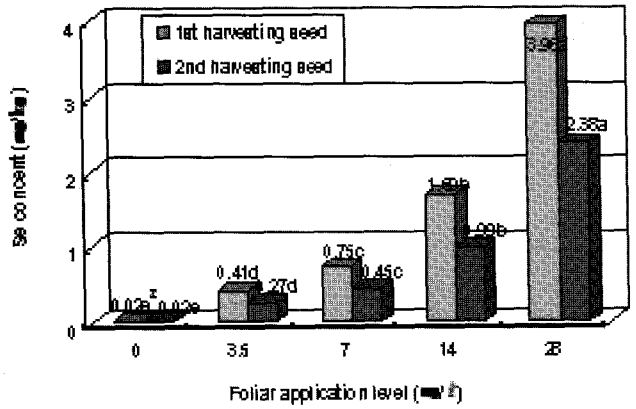

Fig. 1. Se content of mungbean seed according to Se foliar application level.
[z]Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

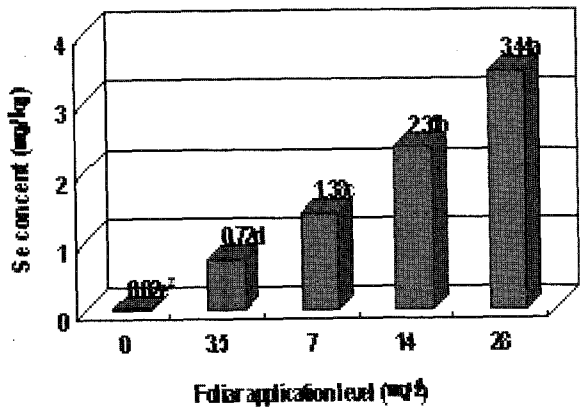

Fig. 2. Se content of mungbean leaf according to Se foliar application level.
[z]Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

가함에 따라 비례해서 증가하였다(Fig. 2). 이와 같이 셀레늄 무처리구의 종실과 엽의 셀레늄 함량이 비슷한 반면 엽면살포구 엽의 셀레늄 함량이 종실에 비해 매우 많은 것은 엽 채취과정에서 증류수로 정밀하게 세척하였으나 물리적 세척으로는 완전 세척이 어렵고 엽면살포에 따른 생리적 흡수뿐만 아니라 물리적인 흡수로 인한 것으로 실제 생리적인 흡수량은 분석치와 다를 것으로 보여진다.

엽면살포 횟수에 따른 셀레늄 함량과 생육

녹두 재배시 셀레늄 엽면살포(7㎎/ℓ) 횟수에 따른 생육과 수량 및 종실의 셀레늄 흡수 정도를 검토하였다. 경장, 주당협수, 협당립수 및 종실수량은 Table 4와 같이 처리간 유의차가 없어 셀레늄 7㎎/ℓ 의 농도로 3회 엽면살포 하여도 녹두 생육과 수량 등에 영향을 미치지 않은 것으로 보여진다. 셀레늄 엽면살포에 따른 1~3차 수확 종실의 셀레늄 함량은 Fig. 3과 같이 무처리구는 모두 0.01㎎/㎏로 매우 적은 반면 엽면살포구에서는 현저히 많았다. 1차 수확 17일 전인 개화기에 1회 엽면살포구 1~3차 수확 종실의 셀레늄 함량은 각각 0.25, 0.16, 0.15㎎/㎏로 2, 3차 수확 종실 대비 1차 수확 종실이 각각 56, 67% 많았다. 그리고 개화기와 1차 수확 직후(2차 수확 15일 전) 2회 엽면살포구 1~3차 수확 종실의 셀레늄 함량은 각각 0.23, 0.32, 0.23㎎/㎏로 1차 수확 종실 은 2차 수확 종실보다 39% 적고, 3차 수확 종실과 비슷하였다. 한편 개화기와 1차 수확 직후 및 2차 수확 직후(3차 수확 16일 전) 3회 엽면살포구 1~3차 수확 종실의 셀레늄 함량은 각각 0.22, 0.28, 0.39㎎/㎏로 1차 수확 종실 대비 2, 3차 수확 종실이 각각 27, 77% 많다. 이와 같이 1회 엽면살포구에서 2, 3차 수확 종실의 셀레늄 함량이 낮은 것으로 보아 전술한바와 같이 녹두 재배과정에서 셀레늄 엽면살포시 종실로의 흡수이행이 빠른 것으로 보여진다. 그리고 녹두는 조파할 경우 4회, 만파할 경우 2회 수확하는데 일반적인 관행 재배의 경우 3회 수확한다. 따라서 전체 수확 종실의 일정량 수준으로 균일하게 셀레늄 함유 종실을 얻자고 할 경우에는 개화기와 1차 수확 직후 2회 엽면살포가 적당할 것으로 판단된다. 그리고 2005년 "엽면살포 농도에 따른 셀레늄 흡수와 생육" 시험에서 7㎎/ℓ 처리구 1차 수확 종실의 셀레늄 함량이 0.75㎎/㎏인 반면 2006년에 수행한 본 실험에서 7㎎/ℓ 1회 엽면살포구 1차 수확 종실의 셀레늄 함량은 0.25㎎/㎏으로 년차간 변이가 큰 것으로 보아 엽면살포 당시나 이후의 기상 등이 셀레늄 흡수에 영향을 미치는 것으로 예측된다. 그리고 9월 25일에 채취한 제 5본엽의 질소, 인산 함량은 셀레늄 엽면살포와 무처리간 차이가 없는 반면, 3회 엽면살포구는 무처리에 비해 칼리와 석회 함량은 많고 고토 함량은 적은 경향이었다(Table 5). 따라서 셀레늄 처리에 따른 녹두 엽 무기성분 변화와 항산화력 및 병저항성 등에 대한 검토가 필요할 것으로 보여진다.

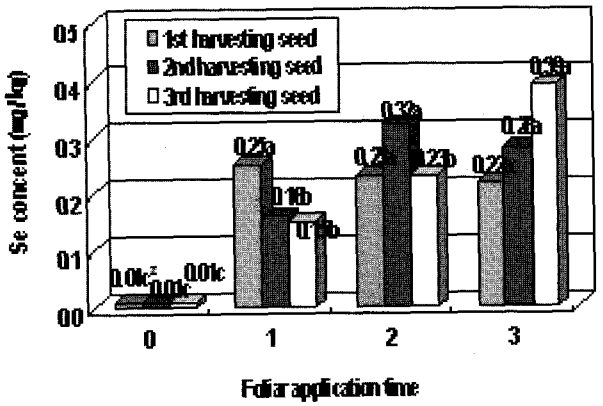

Fig. 3. Se content of mungbean seed according to Se foliar application time.
[z]Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

Table 4. Grain yield and yield components of mungbean according to Se foliar application time

Foliar application time	Stem length (㎝)	Pod no. per plant	Grain no. per pod	Grain yield (kg/10a)
0	39 a[z]	8.5 a	11.5 a	115 a
1	35 a	8.8 a	11.6 a	128 a
2	32 a	8.3 a	11.7 a	118 a
3	33 a	8.4 a	11.3 a	115 a

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

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

Foliar application time	T-N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
0	2.41	0.32	1.55	2.90	0.62
1	2.54	0.34	1.40	2.62	0.53
2	2.66	0.34	1.90	3.21	0.47
3	2.80	0.39	2.34	3.87	0.49

Table 6. Se content in cotyledon and seed coat of mungbean seed, sprout and seed coat after product of mungbean sprout

Before experiment seed (㎎/kg)	Seed (㎎/kg)		Mungbean sprout (㎎/kg)	
	Cotyledon	Seed coat	Sprout	Seed coat after sprout culture
2.05	2.29	1.66	5.51	0.78

녹두 종실과 나물 부위별 셀레늄 분포

녹두 재배과정에서 셀레늄 처리시 종실로의 실질적인 흡수와 나물 재배과정에서 셀레늄의 이행특성을 구명하고자 셀레늄 28 ㎎/ℓ 엽면살포구 2차에 수확한 종실의 자엽과 종피 및 녹두나물 재배 후 배축 등 가용부인 나물과 부산물인 종피의 셀레늄 함량을 검토한 결과는 Table 6과 같다. 종실에서 자엽의 셀레늄 함량은 2.29㎎/kg으로 종피보다 단위 중량당 38% 많았다. 이처럼 자엽에 셀레늄이 함유된 것으로 보아 종실 함유 셀레늄은 개화기 1회 엽면살포로 협에 셀레늄이 흡착될 가능성이 매우 낮을 뿐만 아니라 탈곡과정에서 엽면살포로 협에 흡착되었던 셀레늄이 종실로 흡착될 가능성 또한 매우 낮아 실질적인 흡수 축적에 따른 것으로 보여진다. 한편 동일 시료를 이용하여 생산한 녹두나물의 셀레늄 함량은 5.51㎎/kg인 반면 나물 부산물인 종피는 0.78㎎/kg 함유하여 나물 재배과정에서 종실의 자엽뿐만 아니라 종피에 함유된 셀레늄이 배축 등 나물 가용부로 이행됨을 알 수 있다. 그러므로 셀레늄 함유 기능성 녹두는 나물 생산용으로 이용하면 더욱 효과적이라고 판단된다. 그리고 본 실험에 이용된 녹두 종실의 자엽과 종피의 구성비는 각각 82, 18%이고, 녹두나물 재배 후 가용부인 나물과 부산물인 종피의 구성비는 각각 92, 8%이었다(not table).

사 사

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

적 요

본 연구는 셀레늄 함유 녹두 생산을 위해 셀레늄의 효과적인 처리방법과 이행특성 등을 구명하고자 수행하였다.

1. 셀레늄 3.5, 7, 14, 28㎎/ℓ 를 개화기에 엽면살포구 1, 2차 수확 종실의 셀레늄 함량은 각각 0.41~3.96㎎/kg, 0.27~2.38 ㎎/kg로 엽면살포 농도에 비례하여 많았으나 1차 수확 종실이 2차 수확 종실에 비해 52~71% 많았다. 반면에 무처리구 1, 2차 수확 종실의 셀레늄 함량은 모두 0.02㎎/kg로 같아 함량이 매우 적었다.

2. 셀레늄(7㎎/ℓ) 2회나 3회 엽면살포구 1~3차 수확 종실의 셀레늄 함량은 균일한 반면 1회 엽면살포구는 1차 수확 종실의 셀레늄 함량이 2, 3차 수확 종실에 비해 각각 56, 67% 많았다.

3. 셀레늄 2.05㎎/kg이 함유된 녹두 종실에서 자엽의 셀레늄 함량은 2.99㎎/kg으로 종피보다 단위 중량당 38% 많고, 녹두나물을 생산하였을 경우 셀레늄 함량은 5.51㎎/kg인 반면 나물 부산물인 종피는 0.78㎎/kg 이었다.

4. 본 연구에 이용된 셀레늄의 엽면살포 농도 및 횟수에 따른 녹두 생육과 수량은 유의차가 없었다.

인용문헌

Combs, G. F. 1981. Influences of dietary vitamin E and selenium on the oxidant defense system of the chick. Poultry Science 60: 2098.

Conor, R. 1998. Selenium : A new entrant into the functional food arena. Trends in food Science & Technology 9: 114-118.

Danielle, R. E. and E. S. David. 2003. Plants, selenium and human health. Current Opinion in Plant Biology pp. 273-279.

Djanaguiraman, D., D. D. Devi, A. K. Shanker, J. A. Sheeba and U. Bangarusamy. 2005. Selenium - an antioxidative protectant in soybean during senescence. Plant and Soil 272: 77-86.

Eurola, M., P. Ekholm, M. Ylinen, P. Koivistoinen and P. Varo. 1990. Effect of selenium fertilization on the selenium content of cereal grains, flour, and bread produced in finland. Cereal Chem. 67: 334-337.

Finley, J. W. 1998. The absorption and tissue distribution of selenium form high-selenium broccoli are different from selenium sodium selenite, sodium selenite, and selenomethionine as determined in selenium-deficient rats. J. Agric. Food Chem. 46: 3702-3707.

Ge, K. and G. Yang. 1993. The epidemiology of selenium deficiency in the etiology of endemic diseases in China. Am. J. Clim. Nutr. 57: 259-263.

Greger, J. N. and W. L. Helen. 1987. The toxicology of dietary selenium. In "Nutritional toxiology Ⅱ.", Academic Press 234.

Gupta, U. C. and S. C. Gupta. 2000. Selenium in soils and crops, its deficiencies in livestock and humans : implication for management. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 31: 1791-1807.

Hilton, J. W., P. V. Hodson and S. J. Slinger. 1980. The requirement and

toxicity of selenium in rainbow trout(*Salmo gairdneri*). J. Nutr. 110: 2527.

Hu, Q. H. and J. C. Zhu. 2000. Biological geochemistry and selenium in food chain. Rural Ecoenviron 16: 54-57.

Ip, C. 1998. Lessons from basic research in selenium and cancer prevention. J. Nutr. 128: 1845-1854.

Keshan Disease Research Group. 1979. Observation on effect of sodium selenite in prevention of keshan disease. Clin. Med. J. 92: 471.

Levander, O. A. 1982. Selenium : Biochemical actions, interactions and some human health implications. In "Clinical biochemical and nutritional aspects of trace elements" prasad, A. S.(ed.), New York, Alan R. Liss. pp. 105.

Lu, J. X., H. Y. Pei., C. Ip., D. J. Lisk., H. Ganther and H. J. Thompson. 1996. Effect of an aqueous extract of selenium-enriched garlic on *in vitro* markers and in vivo efficacy in cancer prevention. Carcinogenesis 17: 1903-1907.

McCoy, K. E. M. and P. H. Weswig. 1969. Some selenium responses in the rat not related to vitamin E. J. Nutr. 98: 383.

Nakamaru, Y., K. Tagami and S. Uchida. 2005. Depletion of selenium in soil solution due to its enhanced sorption in the rhizosphere of soybean. Plant and Soil 278: 298-301.

Xu, H. B. 1983. Biological trace element : Selenium. Wuhan : Press of engineering college of central China.

Yang, F., L. Chen, Q. Hu and G. Pan. 2003. Effect of the application of selenium on selenium content of soybean and its products. Biological Trace Element Research 93(1-3): 249-256.

농촌진흥청. 2004. 농업과학기술 연구조사 분석기준. pp. 337-340.

(접수일 2007. 6. 18 ; 수락일 2007. 7. 12)