

셀레늄 처리가 4가지 채소종자 발아와 싹의 생장 및 셀레늄 흡수 특성에 미치는 영향

정용화** · 한명자 · 성선진 · 서동철¹⁾ · 강종구²⁾ · 손보균 · 허종수³⁾ · 조주식*

순천대학교 생명과학부, ¹⁾루이지애나주립대 해양연안과학과, ²⁾순천대학교 원예학과, ³⁾경상대학교 농생명학부
(2009년 6월 4일 접수, 2009년 6월 25일 수리)

Effects of Selenium Supplement on Germination, Sprout Growth and Selenium Uptake in Four Vegetables

Yong Hwa Cheong^{**}, Myung Ja Han, Sun Jin Sung, Dong-Cheol Seo¹⁾, Jong-Gu Kang²⁾, Bo-Kyoon Sohn, Jong Soo Heo³⁾, and Ju Sik Cho^{*} (Department of Bio-Environmental Science, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea; ¹⁾Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, 70803, USA, ²⁾Dept. of Horticulture, Sunchon National University, Suncheon 540-742, ³⁾Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea)

ABSTRACT: This study was carried out to investigate the effect of selenium treatment on the growth of vegetables sprout. Four vegetables, such as cabbage, lettuce, pak-choi and leaf mustard were examined under various selenium treatments (0, 1, 5, 10, 25, 50, 100 mg L⁻¹). Seed germinations in cabbage, pak-choi and leaf mustard were significantly inhibited at high concentration of selenium treatment. However, seed germination in lettuce was not much inhibited. Growth characteristics, such as shoot length, root length, fresh weight and chlorophyll contents, were not much decreased at 1 mg L⁻¹ of selenium and then significantly inhibited with the increase of selenium concentration at above 5 mg L⁻¹ in all four vegetables. The selenium content increased linearly with the increase of selenium concentration. At the range of 1 to 25 mg L⁻¹ of selenium treatment, selenium contents in vegetables were 0.11 to 1.15 of cabbage, 0.16 to 0.61 of lettuce, 0.13 to 1.31 of pak-choi and 0.14 to 1.13 mg g⁻¹dw of leaf mustard, respectively. These results showed that treatment of selenium with the range of 1 to 5 mg L⁻¹ could be used to produce the selenium enriched vegetable sprouts.

Key Words: selenium, seed germination, vegetables, seedling growth, uptake

서 론

오늘날 생활습관과 식생활 방식의 변화에 따라 당뇨, 고혈압, 암 등의 각종 질병들의 발생이 급격히 증가하고 있는 추세이다. 이들 발생 원인의 대부분은 과도한 스트레스와 이를 방어하는 항산화성 물질의 불균형에 의한 것으로 알려지고 있다. 따라서 최근에는 건강에 대한 사람들의 관심이 높아지면서 웰빙이라는 트렌드가 생기기 시작하면서 항산화 작용이

높은 농산물에 대한 소비자의 관심이 증가하면서 강한 항산화 작용을 보이는 게르마늄(Ge) 또는 셀레늄(Se)을 함유한 기능성 새싹채소에 관한 관심이 높아지고 있다¹⁾.

셀레늄(Se)은 동물, 미생물 및 인간에는 매우 낮은 농도로 요구되는 필수미량원소이면서 glutathione peroxidase의 활성화에 관여하여 각종 자유 radical로부터 세포를 보호하는 항산화 역할을 하는 것으로 밝혀졌다^{2,3)}. WHO에서 권장하는 성인의 셀레늄량은 일반적으로 50~200 µg/일로 알려져 있으며, 한국인의 일일 섭취량은 약 43 µg/일로 부족한 실정이며^{4,5)}, 부족 시에는 두뇌와 심장근육에 이상을 일으키며 암 발병률을 높이는 것으로 보고되어지고 있다⁶⁾. 특히 오랜 연구를 통해 methylselenocysteine 투여가 폐, 전립선, 직장암 발생을 억제하는 효과가 있음이 밝혀진 바 있다^{7,9)}.

*연락처:

Tel: +82-61-750-3297, Fax: +82-61-752-8011
E-mail: chojs@sunchon.ac.kr

**공동연락처:

Tel: +82-61-750-3298, Fax: +82-61-752-8011
E-mail: yhcheong@sunchon.ac.kr

셀레늄은 구조나 기능면에서 유황 (Sulfur, S)과 화학적 특성이 비슷하며 금속과 비금속의 특성을 가지고 있고 주기율표상에서 6B족에 속한다. 일반적으로 유황은 토양중에 풍부한 반면 셀레늄은 특정지역을 제외하고는 0.1~2.0 mg kg⁻¹ 정도의 미량으로 포함되어 있고 일반적으로 selenite, selenate 등의 무기화합물과 selenoamino acids의 유기화합물로 구성되어 있다¹⁰⁾. 아울러 식물체에 의해 토양으로부터 selenate (SeO₄²⁻) 나 selenite (SeO₃²⁻)의 무기화합물로 흡수되어 selenomethione 또는 selenocysteine 형태와 같은 유기화합물로 전환되면서 항산화 작용을 하며, 식물내로 흡수 될 때는 유황과 경쟁하게 된다^{2,10)}.

일반적으로 셀레늄은 70~80%정도를 식물로부터 섭취되고, 식물의 셀레늄 함량은 토양의 조건에 따라 다양하게 나타나는데 일반적으로 국내산 식물의 셀레늄 축적정도가 매우 낮아 최근에는 다양한 채소를 이용하여 셀레늄 축적을 증가시키려는 연구가 국내에서도 일부 진행되어 지고 있다¹¹⁻¹⁴⁾. 대부분의 연구가 성숙한 식물을 대상으로 수행되었고, 셀레늄을 함유한 기능성채소, 특히 새싹채소의 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서 건강식으로 이용되고 있는 새싹채소에 각종 난치병 등 치료에 약리효과가 인정되고 있는 셀레늄을 흡수시켜 셀레늄 함유 새싹채소를 생산 보급 할 수 있다면 각종 질병 예방과 치료에 기여할 수 있는 기능성 농산물로서의 가치가 있다고 하겠다.

본 연구에서는 무기셀레늄을 배추, 상추, 청경채, 그리고 갓 채소종자에 처리하여 식물 종자발아와 유묘생장 특성에 미치는 셀레늄의 효과 및 셀레늄 흡수특성을 조사하여 새싹채소에 대한 최적 셀레늄 처리조건을 구명하여 기능성 농산물 생산에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

셀레늄 종류 및 공시작물

셀레늄 공급원은 sodium selenate (Na₂SeO₄, Sigma Chemical Co., St. Louis, USA)를 사용하여 각 농도별 (0, 1, 5, 10, 25, 50, 100 mg L⁻¹)로 희석하여 사용하였다. 공시작물은 시중에서 판매되고 있는 배추(Chinese cabbage: 흥농종묘 강력여름배추), 상추(Lettuce: 흥농종묘 삼선적촉면상추), 청경채(Pak-choi: 농우바이오 농우청경채), 그리고 갓(Leaf mustard: 다카이종묘 아카오마리카라)을 사용하였다.

종자 발아 및 식물 생장 조사

셀레늄이 채소 종자 발아 및 싹의 생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 외간상 상처가 없는 채소종자를 선별 사용하여 발아시험을 하였다¹⁵⁾. 발아시험은 petri-dish (90×15 mm)에 filter paper (ADVANTEC No. 2, 90 mm) 1매를 깔고 셀레늄을 희석한 농도별 (0, 1, 5, 10, 25, 50, 100 mg L⁻¹)로 각각 5 ml씩 주입한 다음 각 채소종자를 60립씩 치상

한 후 휴면타파를 위하여 4°C에서 3일간 저온 처리 한 후 실온 (22~24°C)에서 발아시켰다. 수분 유지를 위하여 셀레늄 농도별 용액 5 ml을 매 2일 마다 보충하였다. 발아율은 실온에 방치 후 6일째까지 조사하였다. 발아는 유근이 종피를 뚫고 1 mm 이상 신장한 것을 기준으로 육안으로 조사하였다. 식물의 싹 생장 조사는 발아시킨 후 6일째의 60개 식물의 상층부 길이, 뿌리 길이, 생체량을 각각 측정하여 비교하였다. 엽록소 함량은 Barnes 등¹⁶⁾에서 언급한 방법을 이용하여 생체량을 측정 후 DMSO (dimethyl sulphoxide)를 이용하여 추출한 후 측정하였고, Arnon's 식¹⁷⁾을 이용하여 엽록소 함량을 계산하였다. 모든 실험은 3 반복하여 평균값을 나타내었다.

식물체내 셀레늄 함량 분석

식물체내 셀레늄분석은 Lee¹³⁾의 방법을 변형하여 수행하였다. 발아 6일 후에 표본식물을 채취하여 증류수에 3회 세척한 후 70°C dry oven에서 36 시간 건조 시킨 후 시료 0.5 g에 HNO₃ 5 ml을 가하여 45°C over night 시킨 다음, 95°C에서 5 시간 분해하였다. 분해액을 최종으로 10 ml로 정용한 후 No. 6 여과지로 여과하여 셀레늄 표준 용액 (AnApex Co, Ltd, Korea)을 이용하여 ICP (Inductively coupled plasma: ICPE-9000, Shimadzu, Japan)로 분석하였다. 모든 측정은 3반복이상 수행하였고 건물 중량에 대한 양으로 나타내었다. 모든 통계처리는 SAS version 6.08 (SAS Institute, 1990)¹⁸⁾을 이용하였다.

결과 및 고찰

채소종자 발아에 미치는 셀레늄 영향

다양한 농도의 셀레늄 처리 시 배추 (cabbage), 상추 (lettuce), 청경채(pak-choi) 및 갓 (leaf mustard)의 종자발아에 미치는 영향을 조사하였다 (Fig. 1). 배추, 청경채, 갓의 경우 1일째 발아율은 셀레늄 농도가 높아짐에 따라 현저히 감소되는 경향을 보였고 특히 25 mg L⁻¹ 농도 이상으로 처리 시 대조구에 비해 50% 이상 억제되었다. 낮은 농도 (1~5 mg L⁻¹) 처리 시에는 배추 및 청경채의 경우 오히려 약간의 발아 촉진을 보였지만 유의성이 없었다. 3일째와 5일째의 경우에는 배추, 청경채, 갓의 경우 50 mg L⁻¹ 이상의 농도에서 약 20% 이상 발아가 억제되었고 특히 100 mg L⁻¹의 셀레늄 처리 시 배추의 경우 30~50% 발아억제를 보였다. 이와는 달리 상추의 경우 셀레늄의 처리에 따른 발아 억제가 매우 미미하였다. 따라서 채소종자의 종류에 따라 셀레늄 처리 시 발아반응이 다양하게 나타났고, 특히 높은 농도 (50 와 100 mg L⁻¹)를 제외하고는 처리 농도에 따른 배추, 상추, 청경채 및 갓의 발아율은 3일째 이상의 경우 크게 영향을 받지 않는 것으로 확인이 되었다.

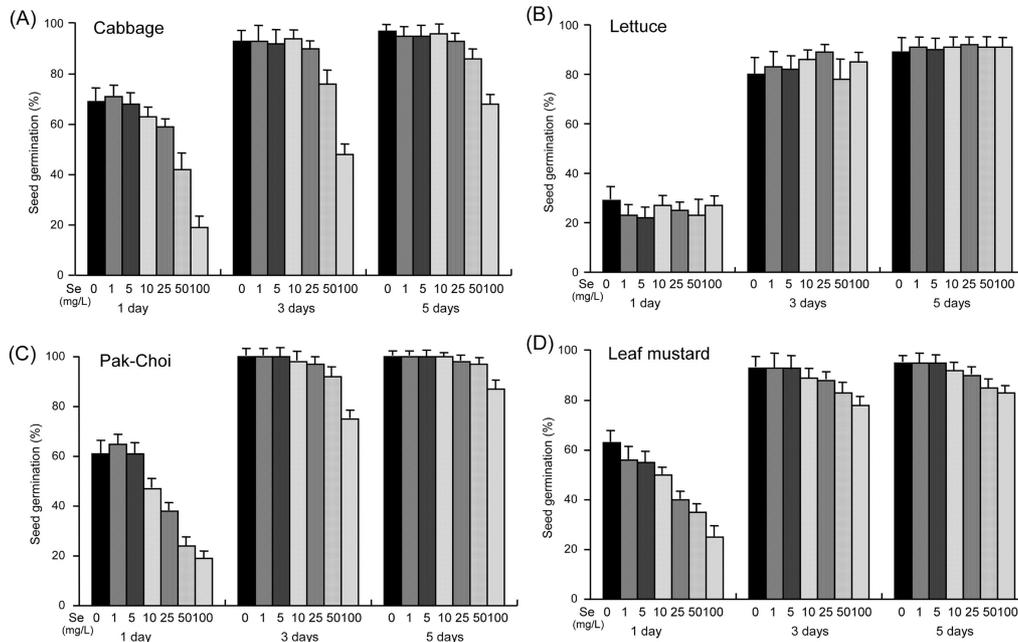


Fig. 1. Effects of selenium concentration on seed germination of 4 vegetables. (A) Cabbage, (B) Lettuce, (C) Pak-choi, (D) Leaf mustard. Error bars are presented as +/-SD from three independent experiments.

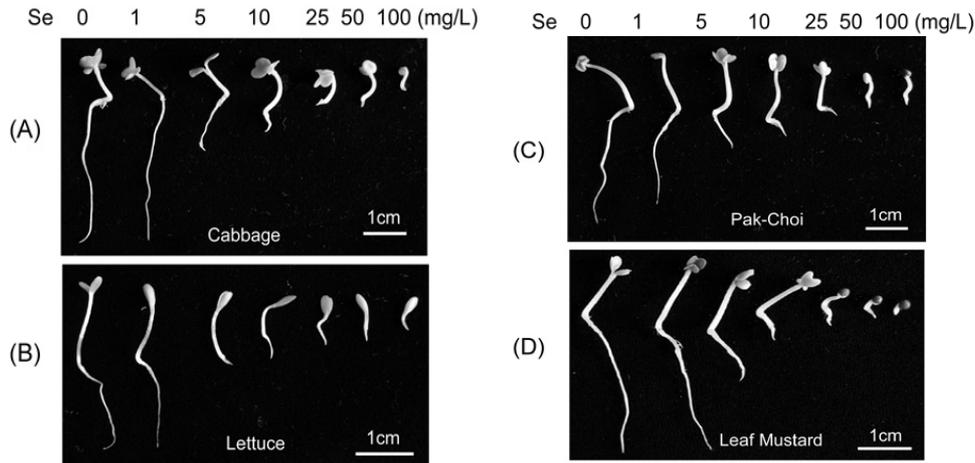


Fig. 2. Comparison of the sprout growth of 4 vegetables as affected by selenium concentration. (A) Cabbage, (B) Lettuce, (C) Pak-choi, (D) Leaf mustard. Pictures were taken photographs at 6 days after treatment.

싹의 성장에 미치는 셀레늄 처리효과

배추의 경우 셀레늄 농도가 1 mg L⁻¹ 처리 시 대조구와 큰 차이를 보이지 않았지만, 5 mg L⁻¹ 이상 처리 경우에 심각한 식물 생장의 억제를 보였다 (Fig. 2A). 지상부 길이 측정 결과, 25 mg L⁻¹ 보다 낮은 농도의 처리 시 대조구와 큰 차이를 보이지 않았거나 오히려 약간 생장이 증가하는 것으로 보였지만 50 mg L⁻¹ 이상의 농도 처리 시 심각한 억제를 보였다 (Table 1). 뿌리 길이는 경우는 지상부와 달리 1 mg L⁻¹ 농도로 처리 시에는 큰 차이를 보이지 않았지만 5 mg L⁻¹ 처리부터 대조구에 비해 약 60% 이상의 생장억제를 보였

고 25 mg L⁻¹ 처리 시 약 90%의 심각한 생장억제를 보였다. 이와는 달리 생체중의 경우 셀레늄 농도가 증가함에 따라 비례적으로 감소하는 경향을 보였고, 특히 25 mg L⁻¹ 이상 처리 시 50% 이상의 성장량 감소율을 보였다. 셀레늄 농도별 처리 시 엽록소 함량은 생체중 변화와 유사한 경향으로 처리 농도가 증가함에 따라 엽록소 함량이 크게 감소하였다. 낮은 농도인 1 과 5 mg L⁻¹ 처리 시 약 5~23% 정도 범위로 심각한 감소를 보이지 않은 반면 10 mg L⁻¹ 처리 시 약 70% 감소를 보이기 시작하여 더 높은 농도 처리 시에는 거의 90% 이상의 감소를 보였다. 이상의 결과로 배추의 싹의 성장에 대

Table 1. Growth characteristics of Chinese cabbage sprout as affected by selenium treatments with various concentrations

Treatments	Chinese cabbage			
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g/20 plants)	Chl (a+b) content ($\mu\text{g/g}$ FW)
0	1.21 \pm 0.21 ^z	3.73 \pm 0.28	1.13 \pm 0.21	405.5 \pm 22.1
1	1.27 \pm 0.25	3.72 \pm 0.25	1.11 \pm 0.18	383.4 \pm 23.4
5	1.32 \pm 0.19	1.53 \pm 0.31	0.91 \pm 0.15	312.7 \pm 19.3
10	1.33 \pm 0.22	0.55 \pm 0.21	0.76 \pm 0.17	120.6 \pm 15.7
25	1.26 \pm 0.17	0.46 \pm 0.19	0.62 \pm 0.13	62.9 \pm 12.7
50	1.03 \pm 0.15	0.23 \pm 0.11	0.49 \pm 0.11	50.1 \pm 14.5
100	0.51 \pm 0.11	0.12 \pm 0.09	0.24 \pm 0.09	42.5 \pm 11.4

^zData are means \pm SE and each value was determined in three independent replicates (n=60).

Table 2. Growth characteristics of lettuce sprout as affected by selenium treatments with various concentrations

Treatments	Lettuce			
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g/20 plants)	Chl (a+b) content ($\mu\text{g/g}$ FW)
0	1.52 \pm 0.28 ^z	2.05 \pm 0.24	0.93 \pm 0.28	225.6 \pm 22.5
1	1.45 \pm 0.25	1.72 \pm 0.17	0.81 \pm 0.21	227.8 \pm 21.9
5	1.02 \pm 0.22	0.53 \pm 0.21	0.62 \pm 0.18	221.4 \pm 22.8
10	0.83 \pm 0.21	0.45 \pm 0.16	0.51 \pm 0.17	192.1 \pm 17.7
25	0.54 \pm 0.14	0.36 \pm 0.19	0.36 \pm 0.15	138.9 \pm 13.4
50	0.53 \pm 0.15	0.22 \pm 0.15	0.21 \pm 0.11	74.3 \pm 15.1
100	0.41 \pm 0.12	0.13 \pm 0.11	0.11 \pm 0.11	64.7 \pm 14.4

^zData are means \pm SE and each value was determined in three independent replicates (n=60).

한 셀레늄의 처리 영향은 1 mg L⁻¹ 처리 시에는 싹의 생육에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보이나 5 mg L⁻¹ 이상 농도로 처리 시 생육에 저해를 일으키는 것으로 나타났다.

상추의 경우도 전반적으로 배추의 경우와 유사한 경향을 보였지만 억제정도는 약간 더 큰 경향을 보였다 (Fig. 2B, Table 2). 지상부 길이 측정 결과, 배추의 경우 25 mg L⁻¹보다 낮은 농도 처리 시에는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았거나 오히려 약간 생장이 증가하는 것으로 나타났지만 상추의 경우 농도가 높아짐에 따라 억제가 나타나는 경향을 보였다. 뿌리 길이는 지상부 길이와 마찬가지로 1 mg L⁻¹ 농도 처리부터 감소하기 시작하여 특히 5 mg L⁻¹ 처리 경우에도 약 74% 이상의 심각한 억제를 보였다. 생체중의 경우 역시 처리 셀레늄 농도가 증가함에 따라 비례적으로 감소하는 경향을 보였고, 배추는 25 mg L⁻¹ 이상 처리 시 50% 이상의 감소율을 보였지만 상추의 경우 10 mg L⁻¹ 이상 처리 시에도 45% 이상의 억제를 보였다. 엽록소 함량은 생체중 변화와 유사한 경향으로 처리농도가 증가함에 따라 엽록소 함량이 크게 감소하였다. 낮은 농도인 1 과 5 mg L⁻¹ 처리 시 대조구와 거의 유사한 함량을 보인 반면 10 mg L⁻¹ 처리 시 약

15% 감소를 보이기 시작하며 더 높은 농도 처리 시에는 거의 40~70% 이상의 감소를 보였다. 이상의 결과로 상추 싹의 생장에 대한 셀레늄의 처리 영향은 낮은 농도인 1 mg L⁻¹ 처리 시에도 약간의 영향을 미치기 시작하였으며 5 mg L⁻¹ 이상 처리 시에는 생육에 심각한 저해를 일으키는 것으로 나타났다. 특히 상추 싹의 생장은 배추보다 낮은 농도에 더 민감한 경향을 보였지만 엽록소 함량은 저해정도가 상대적으로 낮게 나타났다. 그러나 전반적인 경향은 유사하였다.

청경채와 갯의 경우, 전반적으로 배추 및 상추의 경우와 유사한 경향을 보였다 (Fig. 2C and D, Table 3 and 4). 지상부 길이는 10 mg L⁻¹ 농도 처리 시 청경채의 경우 약 15% 이내, 갯은 25% 정도가 감소하였다. 전체적으로 작물별 지상부 길이의 억제 정도는 상추, 갯, 청경채, 배추 순이었다. 뿌리 길이는 지상부 길이와는 다르게 갯이 청경채보다 덜 억제되었고, 생체중과 엽록소 함량도 거의 유사한 경향을 보며 셀레늄 농도가 증가함에 따라 큰 감소를 보였는데 10 mg L⁻¹ 농도 처리 시 청경채의 경우 생체중 25%, 엽록소 함량 60% 이상 억제되었고 갯은 생체중 50%, 엽록소 함량 75% 이상 억제되었다.

Table 3. Growth characteristics of pak-choi sprout as affected by selenium treatments with various concentrations

Treatments	Pak-choi			
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g/20 plants)	Chl (a+b) content ($\mu\text{g/g}$ FW)
0	1.94 \pm 0.23 ^z	3.53 \pm 0.23	0.81 \pm 0.22	292.6 \pm 28.2
1	1.85 \pm 0.18	2.72 \pm 0.21	0.83 \pm 0.21	272.6 \pm 24.4
5	1.76 \pm 0.21	1.03 \pm 0.21	0.72 \pm 0.16	229.9 \pm 23.9
10	1.66 \pm 0.19	0.54 \pm 0.19	0.59 \pm 0.16	112.6 \pm 21.5
25	1.23 \pm 0.15	0.43 \pm 0.17	0.43 \pm 0.14	45.1 \pm 15.7
50	0.63 \pm 0.13	0.31 \pm 0.12	0.33 \pm 0.11	29.2 \pm 17.9
100	0.52 \pm 0.13	0.22 \pm 0.09	0.29 \pm 0.12	17.7 \pm 13.4

^zData are means \pm SE and each value was determined in three independent replicates (n=60).

Table 4. Growth characteristics of leaf mustard sprout as affected by selenium treatments with various concentrations

Treatments	Leaf mustard			
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g/20 plants)	Chl (a+b) content ($\mu\text{g/g}$ FW)
0	1.83 \pm 0.25 ^z	1.75 \pm 0.24	0.51 \pm 0.22	390.2 \pm 25.5
1	1.85 \pm 0.27	1.53 \pm 0.21	0.45 \pm 0.19	397.8 \pm 23.2
5	1.63 \pm 0.23	1.35 \pm 0.18	0.33 \pm 0.12	284.7 \pm 24.1
10	1.35 \pm 0.19	0.93 \pm 0.16	0.25 \pm 0.13	89.3 \pm 14.5
25	0.54 \pm 0.17	0.44 \pm 0.15	0.17 \pm 0.15	32.1 \pm 16.3
50	0.45 \pm 0.15	0.31 \pm 0.15	0.11 \pm 0.12	20.8 \pm 13.8
100	0.21 \pm 0.11	0.24 \pm 0.13	0.11 \pm 0.13	21.7 \pm 15.1

^zData are means \pm SE and each value was determined in three independent replicates (n=60).

이상의 결과로 볼 때 셀레늄 처리 농도에 따른 채소종자 발아와 싹의 생장 억제효과는 전반적으로 공시한 모든 작물의 생장은 셀레늄 농도가 증가함에 따라 크게 억제되었지만, 1~5 mg L⁻¹ 범위에서는 생육억제 현상이 거의 없는 것으로 나타났다. 채소종류별 셀레늄 농도에 대한 식물생장 억제 정도는 상추, 갓, 청경채, 배추등의 순서로 큰 것으로 나타났다.

최근에는 국내외적으로 식물 생육에 대한 셀레늄의 처리 효과에 대한 연구결과들이 많이 보고되고 있으며, 특히 Yun 등¹²⁾에 의해 엔디브와 청경채의 경우 성숙한 식물에서 셀레늄의 처리 농도가 높아짐에 따라 억제가 되었고 농도가 낮은 처리구에서는 대조구와 생육에 큰 차이가 없음을 보고하였고, Lee 등¹³⁾은 수경재배 토마토의 생장에 미치는 셀레늄 공급 방법을 제안하는 논문을 발표하기도 하였다. 또한 Carvalho 등¹⁹⁾에 의하면 상추, 토마토, 순무, 딸기 등의 4종류의 채소를 이용하여 높은 농도의 셀레늄을 처리하였을 때 상추와 순무의 경우 생체량이 전반적으로 농도가 높아짐에 따라 비례적으로 감소하는 경향을 보였지만, 토마토의 경우에는 처리 농도가 높아짐에 따라 오히려 증가하는 경향을 보였다고 하였다. 본 연구의 결과도 전반적으로 위의 결과들과 유사한 경

향을 보였다.

셀레늄의 처리에 대한 작물의 반응은 농도별, 작물의 종류별, 실험 조건 별 등의 다양한 환경조건에 따라 다양한 반응을 보이는 것으로 보고되고 있지만, 본 연구에서는 전반적으로 새싹채소의 초기생장에 있어서 낮은 농도의 셀레늄을 처리 시 식물 생장 억제의 정도가 미미한 것으로 확인되었다.

셀레늄 흡수특성

식물체내 셀레늄 흡수 특성을 조사하기 위하여 셀레늄을 각각 0, 1, 5, 10, 25 mg L⁻¹의 농도별로 처리하여 배추, 상추, 청경채, 갓의 싹을 이용하여 셀레늄의 흡수량을 조사하였다 (Table 5). 셀레늄을 각각 1~25 mg L⁻¹ 처리 시 식물체내 셀레늄 함량은 배추의 경우 0.11~1.15, 상추의 경우 0.16~0.61, 청경채의 경우 0.13~1.31 및 갓의 경우 0.14~1.13 mg g⁻¹dw 범위에서 농도가 높아짐에 따라 점진적으로 증가하였다. 식물체내 셀레늄 흡수는 처리농도가 높을수록 전반적으로 높아졌으며, 작물별로는 갓, 청경채, 배추, 상추 순이었다. 이는 Park 등²⁰⁾과 Yun 등¹²⁾이 보고한 바와 같이 양액내 셀레늄 처리농도가 높아짐에 따라 작물내의 셀레늄 함

Table 5. Selenium contents in chinese cabbage, lettuce, pak-choi and leaf mustard as affected by selenium treatments with various concentrations.

Se conc. (mg L ⁻¹)	Se contents (mg g ⁻¹ DW)			
	Chinese cabbage	Lettuce	Pak-choi	Leaf mustard
0	0.01 ± 0.01 ^z	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
1	0.09 ± 0.03	0.16 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.14 ± 0.02
5	0.34 ± 0.09	0.29 ± 0.05	0.43 ± 0.05	0.44 ± 0.05
10	0.58 ± 0.07	0.36 ± 0.05	0.74 ± 0.04	0.77 ± 0.04
25	1.15 ± 0.08	0.61 ± 0.03	1.31 ± 0.08	1.13 ± 0.09

^zData are means ± SE and each value was determined in three independent replicates (n=60).

량이 증가하는 결과를 여러 채소류를 이용하여 발표한 것과 같은 경향을 보였다. 또한 Barak 와 Goldman²¹⁾ 도 양액재 배시 셀레늄 처리 농도가 증가함에 따라 식물체 건물의 셀레늄의 함량이 증가한다고 보고 하였다. 일반적으로 셀레늄의 섭취의 약 70%이상을 채소를 통하여 이루어지기 때문에²²⁾ 이를 통한 연구가 필요한 사항이다. 셀레늄의 함량이 과다한 경우 작물의 생육 억제 현상이 발생했지만 낮은 농도의 셀레늄 처리의 경우, 특히 1~5 mg L⁻¹ 처리 시 식물의 생육억제 현상이 미미하기 때문에 인체방어기작에 필요한 셀레늄의 공급원으로 이용 가능한 셀레늄 함량이 높은 고부가 가치의 새싹채소 생산이 가능하리라 본다.

셀레늄은 적정량을 섭취하여야 건강을 유지할 수 있는 필요한 무기물인 동시에 과잉 섭취시에는 중독의 위험성이 있으므로 최근에 식약청에서 셀레늄 함유 농축산물의 안전성에 대한 견해를 발표하였다. 우리 국민의 셀레늄 섭취실태를 보면 대표식단에 의한 우리 국민의 셀레늄 일일섭취량은 68.846µg/일로 세계보건기구의 권장량(50~200µg/일) 수준 내에 포함이 되며 최대섭취허용량인 400µg/일까지 안전한 수준으로 평가하여 식이를 통한 자연적인 셀레늄 섭취에 추가로 셀레늄 보강식품의 적절한 섭취도 권장할 만하다고 하였다. 특히 최근에는 식품의약품안전청은 다양한 식품과 건강기능식품산업 발달을 위해 식품첨가물 신규 지정을 확대하여, 건강기능식품 영양소 원료로 사용되는 셀레늄을 원료 물질로서 신규 지정하고 한다는 안을 발표하기도 하였다. 따라서 셀레늄 이용에 대한 안정성에 대한 연구가 추후 심도있게 진행되어야 한다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 농림기술센터 (ARPC)와 바이오그린 21 (20080401034018) 지원에 의하여 수행된 결과이며 연구비 지원에 감사드립니다.

요약

새싹채소의 종자발아와 생장에 미치는 셀레늄 농도 처리(삽

입) 효과와 흡수특성을 구명하기 위하여, 대표적인 채소류인 배추, 상추, 청경채 및 갓을 이용하여 다양한 셀레늄 농도 (0, 1, 5, 10, 25, 50, 100 mg L⁻¹) 를 처리하였다. 종자발아는 배추, 청경채 및 갓에서 처리 농도가 증가함에 따라 억제되었지만, 상추의 경우 큰 영향을 받지 않았다. 싹의 생장에 미치는 셀레늄의 효과는 배추, 상추, 청경채 및 갓의 경우, 지상부 길이, 뿌리 길이, 생체중 및 엽록소 함량 등의 생육특성에 있어서 낮은 처리 농도 (1 mg L⁻¹)에서 오히려 약간의 생장 촉진 효과를 보이거나 거의 차이가 없었다. 5 mg L⁻¹ 이상의 농도 처리 시에는 농도가 높아짐에 따라 심각한 생육 억제 현상을 보였다. 식물체내의 셀레늄의 흡수 특성은 셀레늄을 각각 1~25 mg L⁻¹ 처리 시 배추는 0.11~1.15, 상추는 0.16~0.61, 청경채는 0.13~1.31 그리고 갓은 0.14~1.13 mg g⁻¹dw 범위에서 셀레늄 처리농도가 높아짐에 따라 점진적으로 증가하였다. 따라서 본 연구의 결과에 의하여 1~5 mg L⁻¹ 범위의 낮은 농도의 셀레늄 처리가 셀레늄 함유된 기능성 새싹채소의 생산을 위한 기초 자료로 활용 될 것으로 판단된다.

참고문헌

- Greenwald, T. (1998) Is it good medicine? *Time* 30, 37-44.
- Ellis, D. R. and Salt, D. E. (2003) Plants, selenium and human health. *Cur. Opin. Plant Biol.* 6, 273-279.
- Combs, G. F. Jr. and Combs, S. B. (1986) The role of selenium in nutrition. Academic Press, Orlando, FL, USA.
- Gunnar, G. N., Umesh, C. G., Michel, L. and Tuomas, W. (1985) Selenium in soil and plant and its importance in livestock and human nutrition. *Advanced in Agronomy* 37, 397-460.
- Comb, G. F. Jr (2001) Selenium in global food system. *Br. J. Nutr.* 86, 517-547.
- Young, V. R. (1981) Selenium: A case for its essentially in man. *New England J. Med.* 304, 1228-1230.
- Whanger, P. D. (2002) Selenocompounds in plants

- and animals and their biological significance. *J. Am. Coll. Nutr.* 21, 223-232.
8. 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., et al., (1996) Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin. *J. Am. Med. Assoc.* 276, 1957-1963.
 9. Reid, M., Duffield-Lillico, A. J., Garland, L., Turnbull, B. W., Clark, L. C. and Marshall, J. R. (2002) Selenium supplementation and lung cancer incidences: an update of the nutritional prevention cancer trial. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 11, 1285-1291.
 10. Sors, T. G., Ellis, D. R. and Salt, D. E. (2005) Selenium uptake, translocation, assimilation and metabolic fate in plants. *Photosynthesis Research* 86, 373-389.
 11. Yun, H. K., Kim, Y. C., Seo, T. C., Lee, S. G., Suh, H. D., Lee, J. G. and Lee, S. H. (2003) Effect of selenium source and concentrations on growth and quality of leafy lettuce and garland chrysanthemum in deep flow culture. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44, 447-450.
 12. Yun, H. K., Seo, T. C., Park, D. K., Choi, K. Y. and Jang, Y. A. (2004) Effect of selenium source and concentrations on growth and quality of endive and pak-choi in deep flow culture. *Kor. J. Hor. Sci. Technol.* 22, 151-155.
 13. Lee, C. K., Cho, K. C., Lee, J. H., Cho, J. Y., Seo, B. S. and Yang, W. M. (2005) Effects of selenium supplying methods on the growth and Se uptake of hydroponically grown tomato plants. *J. Bio-Environ. Control.* 14, 284-288.
 14. Lee, M. J., Lee, G. P. and Park, K. W. (2001) Effects of selenium on growth and quality in hydroponically grown Korean Mint. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42, 483-486.
 15. Han, M. J., Kim, S. U., Seo, D. C., Cheong, Y. H., Lee, D. J., Park, M. S., Rim, Y. S., Sohn, B. K., Heo, J. S. and Cho, J. S. (2007) Uptake properties of germanium to vegetable plants and its effects on seed germination and on early stage growth. *Kor. J. Environ. Agric.* 26, 217-222.
 16. Barnes, J. D., Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, S. and Davison, A. W. (1992) A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls *a* and *b* in lichens and higher plants. *Env. Exp. Bot.* 32, 85-100.
 17. Arnon, D. J. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24, 1-15.
 18. SAS Institute (1990) SAS User Guide, version 6.08. SAS Institute Inc. SAS Circle. Box 8000, Cary, NC 27515-800010.
 19. Carvalho, K. M., Gallardo-Williams, M. T., Benson, R. and Martin, D. F. (2003) Effects of selenium supplementation on four agricultural crops. *J. Agri. Food Chem.* 51, 704-709.
 20. Park, K. W., Lee, J. H. and Geyer, B. (1996) Effects of selenium concentrations in nutrient solution on the growth and contents of inorganic substances of chinese leaf cabbage. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37, 47-51.
 21. Barak, P. and Goldman, I. L. (1997) Antagonistic relationship between selenite and sulfate uptake in onion (*Allium cepa*): Implications for production of organosulfur and organoselenium compounds in plants. *J. Agric. Food Chem.* 45, 1290-1294.
 22. Lee, M. H. (2003) Selenium in Human Nutrition and Health. *J. Korean Assoc. Cancer Prev.* 8, 36-44.