한국환경농학회지 제26권 제3호 (2007)
Korean Journal of Environmental Agriculture Vol. 26, No. 3, pp. 217-222

연구보문

채소종자 발아와 유묘생장에 미치는 유기 또는 무기게르마늄의 효과 및 흡수특성

한명자 · 김성은 · 서동철[1] · 정용화 · 이도진[2] · 박문수[3] · 임요섭 · 손보균 · 허종수[4] · 조주식*

순천대학교 생명환경과학부, [1]미국 루이지애나 주립대학 Wetland Biogeochemistry 연구소
[2]순천대학교 농업교육과, [3]순천대학교 산림자원조경학부, [4]경상대학교 농생명학부

(2007년 9월 1일 접수, 2007년 9월 21일 수리)

Uptake Properties of Germanium to Vegetable Plants and Its Effect on Seed Germination and on Early Stage Growth

Myung Ja Han, Sung Un Kim, Dong-Cheol Seo[1], Yong Hwa Cheong, Do-Jin Lee[2], Moon-Su Park[3], Yo-Sup Rim, Bo-Kyoon Sohn, Jong Soo Heo[4] and Ju Sik Cho* (Department of Bio-Environmental Science, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea; [1]Wetland Biogeochemistry Institute, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803-7511, USA; [2]Department of Agricultural Education, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea; [3]Department of Forest Resource, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea; [4]Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea)

ABSTRACT: To investigate effects of inorganic (GeO_2) and organic (Ge-132) germanium (Ge) on seed germination and on early stage growth of plants and the uptake characteristics, various concentrations (0, 10, 25, 50, 100 mg L^{-1}) of Ge to popular vegetables such as leaf mustard, chinese cabbage and pak-choi, respectively, were treated. On seed germination, no significant effect was observed in both inorganic and organic Ge treatments except 100 mg L^{-1} treatment of inorganic Ge. Exogenous inorganic Ge (10~100 mg L^{-1}) treatments significantly inhibited the early root elongation growth of all plants. However, slight enhancement of early shoot elongation was detected in low concentrations (10 and 25 mg L^{-1}) of Ge in the leaf mustard and chinese cabbage plants. Organic Ge treatments significantly stimulated the root and shoot growth at the 10, 25 and 50 mg L^{-1} treatments. Ge was accumulated linearly in the vegetables as both inorganic and organic Ge concentrations were increased. Interestingly, total contents of Ge in plants with Ge-132 treatments were 2~4.5 times more than those with inorganic Ge treatments in all concentrations. At 25 mg L^{-1} treatment of Ge, contents of Ge in vegetables are following: in leaf mustard, inorganic Ge: 0.37 mg g^{-1}dw and organic Ge: 1.47 mg g^{-1}dw; in the chinese cabbage, inorganic Ge: 0.4 mg g^{-1}dw and organic Ge: 0.86 mg g^{-1}dw; in the pak-choi, inorganic Ge: 0.33 mg g^{-1}dw and organic Ge: 0.70 mg g^{-1}dw, respectively. These results showed organic Ge is much better on early stage seedling growth and on germanium accumulation of vegetables than inorganic Ge.

Key Words: germanium, absorption, vegetables, plant seedling growth

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 트랜드가 생기기 시작하면서 새싹채소에 관한 관심이 높아지고 있다[1].

게르마늄은 무기게르마늄(Ge, GeO_2)과 유기게르마늄(Ge-132, spirogermanium, proxi-germanium)으로 분류되는데, 무기게르마늄(GeO_2)을 장기 복용한 환자에서 빈혈, 신 기능 장해, 신경병증, 근육장애를 유발하는 것으로 알려져 있다[2,3]. 반면 유기게르마늄인 Ge-132는 항종양 효과[4], 항돌연변이

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

효과[5], natural killer 세포 및 macrophages의 활성화를 포함하는 면역강화 작용[6]과 virus 감염의 치료[7], 관절염 치료 효과와 같은 항염증 작용[8,9], 해열·진통 작용[10-12], 중금속 해독 작용[13] 및 운동성 증가[14] 등의 다양한 약리작용을 가지는 것으로 보고되고 있다. 국내의 토양과 곡물, 엽채류, 과채류등 농작물에 함유된 게르마늄의 자연함량은 매우 낮은 농도로 존재하는 것으로 보고되었다[15]. 따라서 무기게르마늄을 이용하여 유기게르마늄화 하기위한 노력이 미생물, 효모[16-18]등을 이용하여 다양한 연구들이 수행되었고, 특히 최근에는 식물의 생육에 미치는 게르마늄의 영향에 대한 연구와 유기게르마늄함유 식물체를 개발하기 위하여 벼[19], 상추[20,21] 콩나물[22], 인삼[23] 등을 이용한 연구들이 보고되고 있지만, 게르마늄 처리에 따른 작물체내 게르마늄 흡수량과 생장특성 영향에 대한 연구들이 아직 미흡한 실정이다. 이와 같이 건강식으로 이용되고 있는 새싹채소에 각종 난치병 등 치료에 약리효과가 인정되고 있는 게르마늄을 흡수시켜 게르마늄 함유 새싹채소를 생산 보급 할 수 있다면 각종 질병 예방과 치료에 기여할 수 있는 기능성 농산물로서의 가치가 있다고 하겠다.

본 연구에서는 무기게르마늄(GeO_2)과 유기게르마늄(Ge-132)을 채소종자(갓, 배추, 청경채)에 처리하여 식물 종자발아와 유묘생장 특성에 미치는 게르마늄의 효과 및 게르마늄 흡수특성을 조사하여 새싹채소에 대한 최적 게르마늄 처리조건을 규명하여 기능성 농산물 개발에 대한 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

게르마늄 종류

실험에 사용한 게르마늄은 유기게르마늄[Ge-132, carboxyethyl germanium sesquioxide $3(GeCH_2COOH)_2$, (Sigma Chemical Co., St. Louis, USA)]과 무기게르마늄[GeO_2,(Sigma Chemical Co., St. Louis, USA)] 2종류를 각각 농도별 (0, 10, 25, 50, 100 mg L^{-1})로 조제하여 사용하였다.

공시작물

공시작물은 시중에서 판매되고 있는 아카오바타카나 갓(Leaf mustard: *Brassica rapa var. glabra Regel*), 강력여름배추(Chinese cabbage: *Brassica juncea var. integrifolia*), 쩐겐사이 청경채(Pak-choi: *Brassica campestris L. ssp*)를 사용하였다.

종자 발아 및 식물 생장 조사

게르마늄이 채소 종자 발아 및 유묘생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 외간상 상처가 없는 채소종자(갓, 배추, 청경채)를 선별 사용하여 발아시험을 하였다. 발아시험은 petridish(90×15 mm)에 흡습지(ADVANTEC No. 2, 90 mm) 1매를 깔고 무기 및 유기 게르마늄을 증류수에 희석한 농도별 (0, 10, 25, 50, 100 mg L^{-1})로 각각 5 ㎖씩 주입한 다음 각 채소종자를 40립 씩 치상한 후 4℃에서 3일간 저온 처리 한 후 실온(22~24℃)에서 발아시켰다. 수분 유지를 위하여 게르마늄 농도별 용액 3 ㎖를 매 이틀 마다 보충하였다. 발아율은 실온에 방치 후 1일째와 3일째 각각 조사하였다. 발아는 유근이 종피를 뚫고 1 mm 이상 신장한 것을 기준으로 육안으로 조사하였다. 식물의 유묘생장조사는 발아시킨 4일째에 40개 식물의 줄기와 뿌리의 길이를 각각 측정하여 비교하였으며, 모든 실험은 3 반복하여 평균값을 나타내었다.

게르마늄 흡수량 분석

식물체내 게르마늄분석은 Lee[19]와 Han[22]의 방법을 변형하여 수행하였다. 발아 6일 후에 표본식물을 채취하여 증류수에 3회 세척한 후 70℃ dry oven에서 36시간 건조 시킨 후 시료 0.5 g에 HNO_3 5 ㎖을 가하여 45℃ over night 시킨 다음, 95℃에서 5 시간 분해하였다. 분해 액을 최종으로 10 ㎖로 정용한 후 No. 6 여과지로 여과하여 ICP-AES(Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer, Optima 3300DV, Perkin-Elmer, USA)로 분석 하였다.

결과 및 고찰

게르마늄 처리가 채소종자 발아에 미치는 영향

게르마늄 농도별 갓(leaf mustard), 배추(chinese cabbage) 및 청경채(pak-choi)의 종자발아에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 1), 무기게르마늄의 경우 초기 발아(1 day) 시에는 50 mg L^{-1}까지는 큰 차이를 보이지 않는 반면 100 mg L^{-1} 처리시 갓, 배추, 청경채에서 각각 3.2%, 11.4%, 10%의 저해현상을 보였으나 발아 3일째에는 모든 조건에서 대조구와 비교 시 큰 차이를 보이지 않았다. 이와는 달리 유기게르마늄의 경우에는 모든 처리 조건에서 대조구와 거의 같은 발아율을 보였다. 따라서 고농도(예, 무기게르마늄 100 mg L^{-1})를 제외하고는 게르마늄의 종류 및 처리 농도에 따른 갓, 배추, 청경채 발아율은 크게 영향을 받지 않는 것으로 확인이 되었다.

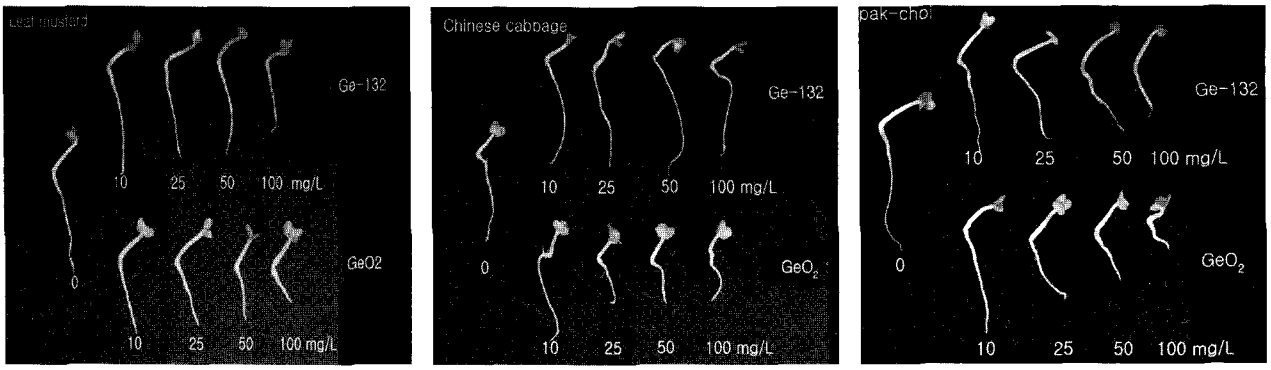
게르마늄 처리가 유묘생장에 미치는 영향

게르마늄 농도에 따른 갓, 배추, 청경채의 유묘생장특성을 비교하기 위하여 유기 및 무기 게르마늄 각각을 0, 10, 25, 50, 100 mg L^{-1} 농도별로 처리 한 후 4일째의 식물생장을 지상부(shoot)와 지하부 뿌리(root)의 길이를 측정하여 비교 조사하였다(Fig. 1, Fig 2).

갓의 경우 무기게르마늄(GeO_2) 처리 시, 대조구(뿌리: 2.10 cm, 지상부: 0.89 cm)에 비해 뿌리의 생장이 모든 농도에서 현저하게 저해 되었으며(Fig. 1A, Fig 2A), 저해 정도는 대조구에 비해 무기게르마늄 10 mg L^{-1} 처리시 약 22%, 25 mg L^{-1} 처리시 약 37%, 50 mg L^{-1} 처리시 52%, 그리고 100 mg L^{-1} 처리시 62% 정도의 생장저해를 보였다. 지상부의 생장정도

Table 1. Effect of GeO_2 and Ge-132 treatments on seed germination of vegetables

Types of Germanium	Concentration (ppm)	Germination rate (%)					
		Leaf mustard		Chinese cabbage		Pak-choi	
		1 day	3 day	1 day	3 day	1 day	3 day
Control	0	97.1	98.8	97.5	96.3	91.6	100.0
GeO_2	5	98.0	98.7	96.3	100.0	90.7	100.0
	10	96.7	98.6	97.1	98.0	92.0	100.0
	25	97.1	97.0	96.7	99.3	91.6	100.0
	50	97.1	98.7	96.3	99.7	91.6	100.0
	100	94.0	99.1	86.4	99.3	82.6	100.0
Ge-132	5	95.8	98.8	97.1	100.0	92.0	100.0
	10	94.9	99.6	96,9	100.0	92.3	100.0
	25	97.1	98.8	97.8	100.0	91.8	100.0
	50	99.6	99.2	97.3	100.0	91.5	100.0
	100	99.2	98.8	97.7	100.0	92.4	100.0



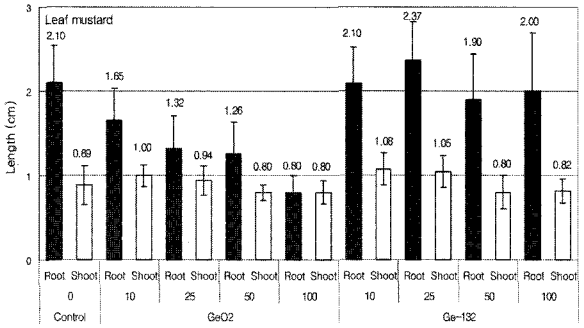
(A) (B) (C)

Fig. 1. Comparison of growths between seedlings of the control, GeO_2 and Ge-132-treated plants: (A) leaf mustard, (B) chinese cabbage and (C) pak-choi. Pictures were taken a photographs at 4 days after treatment.

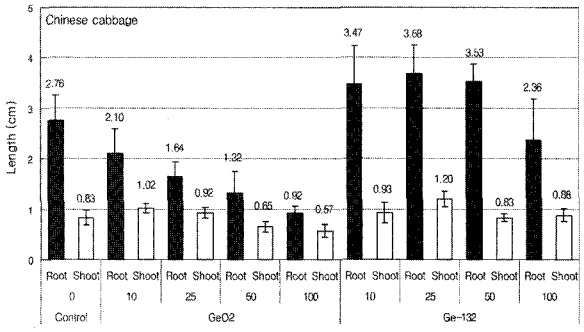
는 낮은 농도(10 and 25 mg L^{-1})에서는 약 10%의 생장증가를 보였으며, 높은 농도에서는 10% 정도 저해를 보였지만 큰 차이가 없는 것으로 확인되었다. 반면 유기게르마늄(Ge-132)을 같은 농도(10, 25, 50, 100 mg L^{-1})로 처리 하였을 때 뿌리의 생장은 25 mg L^{-1}처리시 무기게르마늄의 결과와는 달리 오히려 대조구에 비해 10%정도 증가하는 결과를 보였고, 높은 농도 처리시에도 생장에는 크게 저해를 받지 않았다. 지상부(shoot) 생장정도는 25 mg L^{-1} 처리 시 까지는 대조구에 비해 약 20% 정도 증가하다가, 50 mg L^{-1}이상 처리시에는 대조구에 비해 오히려 약 10% 정도 감소되었다.

배추의 경우에도 뿌리 및 지상부의 생장정도는 유기 및 무기게르마늄 처리 모두에서 갓과 비슷한 경향을 보였다(Fig. 1B, Fig 2B). 무기게르마늄의 경우 대조구에 비해 뿌리 생장이 10 mg L^{-1} 처리시 약 24%, 25 mg L^{-1} 처리시 약 40%, 50 mg L^{-1} 처리시 약 52% 그리고 100 mg L^{-1} 처리시에는 약 67%의 생장저해를 보였다. 지상부의 생장은 뿌리의 생장과는 달리 10과 25 mg L^{-1} 처리시에는 각각 약 22% 및 11% 정도 증가되었으나 높은 처리농도인 50 및 100 mg L^{-1}에서는 각각 약 22% 및 32% 정도 저해되는 경향을 보였다. 그리고 유기게르마늄 10, 25, 50 mg L^{-1} 처리시 뿌리의 생장은 대조구에 비해 각각 약 25%, 32%, 28% 정도 증가하는 경향을 보였으며 높은 농도인 100 mg L^{-1} 처리시에는 약 32% 정도 저해를 보였다. 지상부의 생장은 모든 처리구에서 저해양상을 보이지 않았으며 25 mg L^{-1} 처리시 대조구에 비해 약 44% 정도 생육이 증가되는 경향을 보였다.

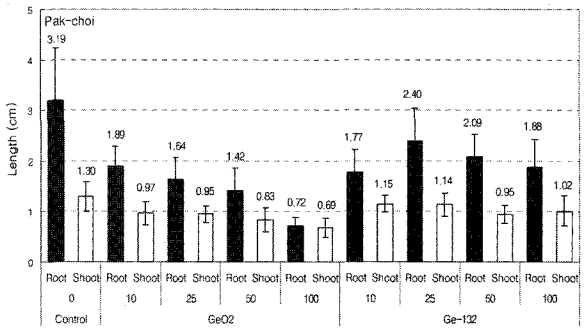
그리고 청경채의 경우는 갓과 배추와는 다른 경향을 보였으며, 무기 및 유기게르마늄 처리 모두에서 현저한 생장저해를 보였다(Fig. 1C, Fig. 2C). 무기게르마늄 처리시 뿌리의 생장은 처리 농도에 따라 40~78%의 저해를 보였고 처리량이 증가 할수록 저해정도도 증가하는 경향을 보였으며, 지상부의 생장에서도 모든 조건에서 약 25%~47%의 저해를 보였다. 유기게르마늄 처리에서도 갓과 배추의 경우와는 달리



(A)



(B)



(C)

Fig. 2. Analysis of root and shoot growth from plant seedlings treated with various concentrations of GeO_2 and Ge-132. Numbers mean average length s of root and shoot. Error bars are presented as + / -SD from three independent experiments.

모든 처리 조건에서 뿌리의 생장은 25%~45% 정도 저해를 보였고 지상부의 생육 정도도 대조구와 비교 시 12%~27% 범위에서 저해양상을 보였다.

이상의 결과로 볼 때 게르마늄의 종류에 따라 채소종자 발아와 식물 생장효과는 다르게 나타났으며, 유기게르마늄에 비해 무기게르마늄에서 식물 생육 저해 현상이 높은 것으로 확인되었다. 유기게르마늄 처리에서는 전반적으로 무기게르마늄에 비해 식물 생장저해정도가 미미하였으며 갓과 배추의 경우에는 낮은 처리 농도(25 및 50 mg L^{-1})에서는 게르마늄 무처리에 비하여 오히려 뿌리 및 지상부의 생장이 증가하는 경향을 보였다. 그러나 청경채의 경우는 갓과 배추와는 달리 유기게르마늄의 농도가 증가할수록 생장 저해가 크게 나타났다.

최근에는 게르마늄의 농작물 처리 효과에 대한 연구결과들이 많이 보고되고 있는데, Lee 등[19,20]은 낮은 농도의 게르마늄을 토양에 처리하여 벼와 상추의 생육을 조사한 연구결과에서 벼는 게르마늄 처리농도가 증가함에 따라 게르마늄 독성의 증가로 벼의 생육과 수량이 급격히 감소하는 경향을 보였으나, 상추에서는 생육에 대한 게르마늄의 독성은 거의 보이지 않았다고 보고 하였다. Chang과 Oh[23]는 무기게르마늄의 첨가가 액체 배양 중 인삼 부정근의 생장에 미치는 영향을 조사 하였을 때 10 mg L^{-1}까지는 생육에 영향을 미치지 않았지만 높은 농도(100 mg L^{-1})의 처리시에는 생장이 약 50% 정도 저해가 된다고 보고 하였다. 그리고 Lee 등[21]은 수경재배방법으로 상추 재배시 낮은 농도의 무기게르마늄 처리에서 약간의 생장 증가효과가 있었다고 보고하였다.

따라서 게르마늄의 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 유기게르마늄은 무기게르마늄에 비해 식물에 대한 독성이 덜하여 무기게르마늄보다 식물 생장 저해의 정도가 미미한 것으로 생각되어진다.

게르마늄 흡수특성

식물체내 게르마늄 흡수 특성을 조사하기 위하여 무기 및 유기 게르마늄을 각각 0, 10, 25, 50, 100 mg L^{-1}의 농도별로 처리하여 갓, 배추, 청경채의 어린 식물을 이용하여 게르마늄 흡수특성을 조사하였다(Fig. 3).

갓의 경우, 무기게르마늄을 각각 10~100 mg L^{-1} 처리에서 식물체내 게르마늄 함량은 각각 0.23~0.99 mg g^{-1}dw 범위에서 농도가 높아짐에 따라 점진적으로 증가하였다(Fg. 3A). 유기게르마늄 처리시에는 식물체내 게르마늄 함량은 0.54~4.50 mg g^{-1}dw 범위로 무기게르마늄 처리에 비해 약 2.3~4.5배 정도 많이 축적되었다.

배추의 경우에는 동일 농도의 무기게르마늄과 유기게르마늄의 처리시 식물체내 게르마늄함량은 갓에 비하여 약간 낮은 경향을 보였으며, 무기게르마늄 처리시 약 0.18~0.83 mg g^{-1}dw, 그리고 유기게르마늄 처리시 약 0.34~2.72 mg g^{-1}dw으로 전반적으로 처리 농도가 높을 수록 증가하는 경향을 보였고 무기게르마늄 처리에 비하여 약 1.89~3.28배 정도 높은 흡수특성을 보였다(Fig. 3B).

청경채의 경우에도 갓과 배추와 비슷한 경향을 보였다(Fig. 3C). 무기게르마늄 10~100 mg L^{-1} 처리시 약 0.19~0.94 mg g^{-1}dw 범위의 축적량을 보였고, 유기게르마늄의 처리시에는 약 0.36~2.19 mg g^{-1}dw 범의의 게르마늄 흡수량을 보여 유기게르마늄의 처리에서 무기게르마늄 처리에 비하여 약 1.9~2.7배 정도 높은 흡수 특성을 보였다. 전반적으로 게르마늄 종류에 따른 식물체내 게르마늄 흡수특성은 유기게르마늄처리에서 무기게르마늄처리에 비하여 높았으며 식물체내 게르마늄 흡수율은 유기게르마늄처리에서 무기게르마늄 처리에

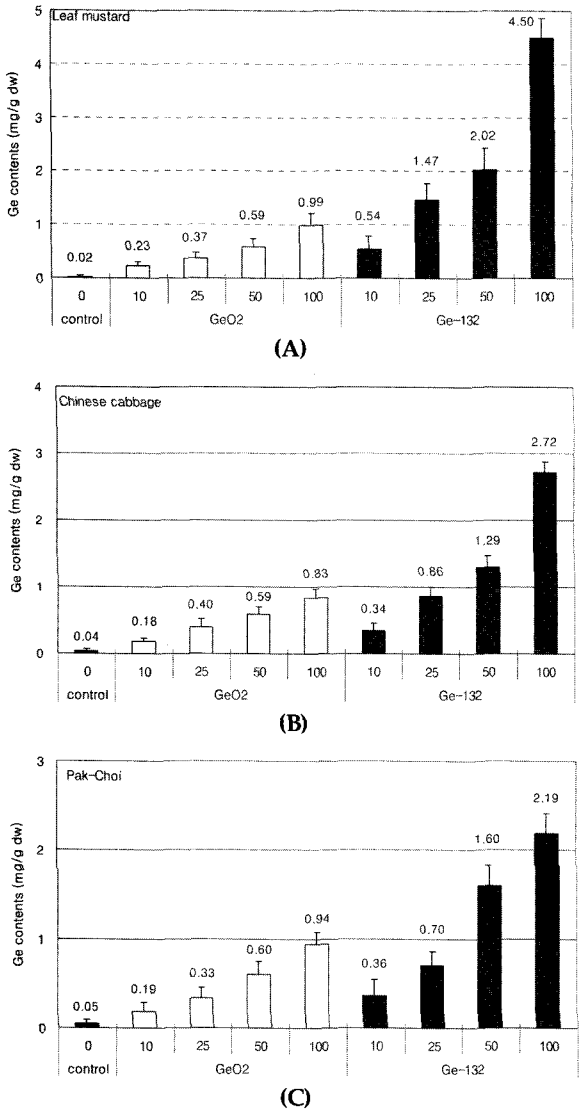


Fig. 3. Amount of accumulated Ge in plant seedlings treated with GeO_2 and Ge-132. Numbers mean the average values of accumulated Ge amounts. Error bars are presented as + / - SD from three independent experiments.

비해 약 1.89~4.5배 정도 높았다.

따라서 식물체내 게르마늄 흡수정도는 처리농도가 높을수록 전반적으로 높아지고, 무기게르마늄에 비해 유기게르마늄의 처리시 훨씬 증가하는 것으로 나타났다. 이는 Lee 등[20]이 상추에 무기게르마늄을 처리하였을 경우 농도가 증가 할수록 상추 내 흡수된 게르마늄의 함량이 증가하였으며, Han 등[22]이 콩나물에 유기 및 무기게르마늄을 처리하였을 경우 유기게르마늄처리 콩나물에서 무기게르마늄처리 콩나물 보다 흡수량이 높았다는 보고와 비슷한 경향을 보였다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 농림기술센터(ARPC)와 2006년도 순천대학교 대학자체연구비 지원에 의하여 수행된 결과이며 연구비 지원에 감사드립니다.

요 약

식물의 종자발아와 유묘생장에 미치는 무기게르마늄과 유기게르마늄의 효과와 흡수특성을 조사하기 위하여, 대표적인 채소류인 갓, 배추 및 청경채를 이용하여 다양한 게르마늄농도(0, 10, 25, 50, 100 mg L^{-1})를 처리하였다. 채소 종자발아는 모든 식물에서 무기게르마늄을 100 mg L^{-1} 처리한 경우에만 약간의 저해를 받았고 나머지 조건에서는 거의 영향을 받지 않았다. 식물의 유묘생장에 미치는 게르마늄의 효과는 갓과 배추의 경우에는 모든 농도의 무기게르마늄(10~100 mg L^{-1})에서 뿌리의 생장에 심각한 저해를 보였고 지상부 생장은 높은 농도(50, 100 mg L^{-1})에서는 저해를 받지만 낮은 농도(10, 25 mg L^{-1})에서는 오히려 약간의 생장 촉진효과를 보이거나 거의 차이가 없는 것으로 보였다. 유기게르마늄의 처리시에는 뿌리와 지상부의 생육이 낮은 농도(10, 25, 50 mg L^{-1})의 대부분 조건에서 생장을 촉진하는 결과를 보였다. 식물체내의 게르마늄의 흡수 특성은 무기 및 유기게르마늄의 모든 조건에서 대조구에 비해 처리농도가 높아짐에 따라 점진적으로 뚜렷한 증가를 보였다. 특히 무기게르마늄을 처리한 경우보다 유기 게르마늄을 처리한 경우에 같은 농도에서 전반적으로 약 2~4.5배까지 많이 흡수되었다. 25 mg L^{-1} 농도의 게르마늄을 처리한 경우를 보면, 유기게르마늄의 처리시 게르마늄의 흡수는 갓에서는 약 4배(무기게르마늄: 0.37 mg g^{-1} dw, 유기게르마늄: 1.47 mg g^{-1}dw), 배추에서는 약 2.2배(무기게르마늄: 0.40 mg g^{-1}dw, 유기게르마늄: 0.86 mg g^{-1}dw) 그리고 청경채의 경우 약 2.1배(무기게르마늄: 0.33 mg g^{-1} dw, 유기게르마늄: 0.70 mg g^{-1}dw) 정도로 무기게르마늄의 처리보다 높았다.

참고문헌

1. Greenwald, T. (1998) Is it good medicine? *Time* 30, 37-44.
2. Obara, K., Saito, T., Sato, H., Yamakage, K., Watanabe, T., Kakizawa, M., Tsukamoto, T., Kobayashi, K., Hongo, M. and Yoshinaga, K. (1991) Germanium poisoning; clinical symptoms and renal damage caused by long-term intake of germanium. *Japanese J. Medicine* 30(1), 67-72.
3. Iijima, M., Mugishima, M., Takeuchi, M., Uchiyama, S., Kobayashi, I. and Maruyama, S. (1990) A case of inorganic germanium poisoning with peripheral and cranial nephropathy. *Myopathy and autonomic dysfunction* 42(9), 851-856.
4. Jang, J. J., Cho, K. J., Lee, Y. S. and Bae. J. H.

(1991) Modifying responses of allyl sulfide, indole-3-carbinol and germanium in a rat multi-organ carcinogenesis model. *Carcinogenesis* 12(4), 691-695.

5. Mochizuki, H. and Kada, T. (1982) Antimutagenic effect of Ge-132 on γ-ray-induced mutation in Escherchia coli B/rWP2 trp-. *Int. J. Radiat. Biol.* 42(6), 653-659.
6. Suzuki, F., Brutkiewicz, R. R. and Pollard, R. B. (1986) Cooperation of lymphokine (s) and marcophages in expression of antitumor activity of carboxyethylgermanium (Ge-132). *Antitumor Res.* 62(2), 177-182.
7. Aso, H., Suzuki, F., Yamaguchi, T., Hayashi, Y., Ebina, T. and Ishida, N. (1985) Induction of interferone and activation of NK cells and macrophages in mice by oral administration of Ge-12, and organic germanium compound. *Microbiol. Immunol.* 29(1), 65-74.
8. Dimartino, M. J. (1986) Antiarthritic and immunoregulatory activity of spirogermanium. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 236(1), 103-110.
9. Sasaki, K., Ishikawa, M., Monma, K. and Takayanagi, G. (1984) Effect of carboxyethylgermanium sesquioxide (Ge-132) on the acute inflammation and CCl_4 induced hepatic damage in mice. *Pharmacometrics* 27(6), 1119-1131.
10. Kumano, N., Nakai, Y., Ishikawa, T., Koinumaru, S., Suzuki, S. and Konno, K. (1978) Effect of carboxyethylgermanium sesquioxide in the methylcholathrene induced tumorigenesis. *Sci. Rep. Res. Inst. Tohoku Univ.* 25, 89-95.
11. Harish, G. (1985) Glutathione and glutathione-dependent enzymes of the rat liver after different doses of sanumgerman. In "1st Int. Conf. on germanium" Hanover, Oct. 1984 Lekin & Samochowiec, des, Semmelweis-Verlag.
12. Suzuki, Y. and Taguchi, K. (1983) Pharmacological studies of carboxyethylgermanium sesquioxide (Ge-132). *Pharmacometrics* 26(5), 803-810.
13. Lee, H. M. and Chung, Y. (1991) Effect of organic germanium on metallothionnein inductin in liver and kindey of cadmium and mercury intoxicated rats. *Yakhak Hoeji* 35(2), 99-110.
14. Ho, C. C., Cherm, Y. F. and Lin, M. T. (1990) Effects of organogermanium compound 2-carboxyethylgermanium sesquioxide on cardiovascular function motor activity in rats. *Pharmacology* 41, 286-291.
15. Lee, S.T., Lee, Y. H., Lee, H. J., Cho, J. S. and Heo, J. S. (2005) Germanium contents of soil and crops in Gyeongnam province. *Korean J. Environ. Agric.* 24(1), 34-39.
16. Kehlbeck, H. (1983) New germanium containing yeast for medicinal and veterinary use. *Deutsch Patent DE.* 3345211.
17. Nobohiro, W., Osamu, I., Dakuro, K. and Koichi, Y. (1980) New approaches to using spent brewer's yeast. *ASBC J.* 38, 5.
18. Wei, X. S. (1992) Effect of yeast on bioenrichment of germanium. *Food Sci.* 149, 49-54.
19. Lee, S. T., Lee, Y. H., Choi, Y. J., Lee, S. D., Lee, C. H. and Heo, J. S. (2005) Growth characteristics and germanium absorption of rice plant with different germanium concentration in soil. *Korean J. Environ. Agric.* 24(1), 40-44.
20. Lee, S. T., Lee, Y. H., Bhan, K. N., Seo, D. C. and Heo, J. S. (2005) Growth characteristics and germanium absorption in Lettuce with different concentrations of germanium in soil. Korean J. Environ. Agric. 24(4), 404-408.
21. Lee, G. P., Park, H. S., Won, J. H. and Park, K. W. (2005) Effect of GeO_2 concentration on hydroponically-grown lettuce (Lactuca sativa). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 46(2), 113-118.
22. Han, S. S., Rim, Y. S. and Jeong, J. H. (1996) Growth characteristics and germanium absorption of soybean sprout cultured with aqueous solution of organogermanium. *Agric. Chem. Biotech.* 39(1), 39-43.
23. Chang, E, J. and Oh, H. I. (2005) Effects of addition of inorganic germanium, GeO_2 on the growth, germanium and saponin contents of ginseng adventitious root in submerged culture. *J. Ginseng Res.* 29(3), 145-151.