

## 明日葉(神仙草) 및 人蔘의 器內培養을 통한 Germanium 含量 增大

李萬相·李重浩·權泰午·南宮承泊\*

### Increment of Germanium Contents in *Angelica keiskei* Koidz. and *Panax ginseng* G.A. Meyer by *In Vitro* Propagation

Man sang Lee, Joong Ho Lee, Tae Oh Kwon, and Seung Bak Namkoong\*

**ABSTRACT** : This study was carried out to find optimum concentration of germanium compounds and pH of medium on the induction and growth of callus from *A. keiskei* and *P. ginseng* and to intend to increase Ge. absorption by calli while those calli were subculturing on MS medium.

Callus from *a. keiskei* was rarely induced under light condition. Under dark condition, callus induction from *A. keiskei* was good up to 5ppm, retarded at 50ppm of GeO<sub>2</sub> or C. E. Ge. O., and rarely done at 100 ppm of GeO<sub>2</sub>, but was somewhat well at 100 ppm of C. E. Ge. O. The induction and growth of callus was good in order of pH 5.7 > pH 5.4 > pH 6.0

Under light condition, the growth of callus induced from *P. ginseng* was poor at 1~10 ppm of GeO<sub>2</sub> or C. E. Ge. O., but shooting from callus occurred frequently. Under dark condition, the growth of callus from *A. keiskei* was good up to 5 ppm of GeO<sub>2</sub> or C. E. Ge. O. and was rarely done at 50 ppm of GeO<sub>2</sub>, but was somewhat well even at 100 ppm of C. E. Ge. O. Shooting from callus occurred frequently in *a. keiskei*, especially at pH 5.7. The growth of callus from *P. ginseng* was poor at 10 ppm of GeO<sub>2</sub> or 50 ppm of C. E. Ge. O.

Under dark condition, the amount of Ge absorption by callus induced from *A. keiskei* was much higher than that from *P. ginseng*. The amount of Ge. absorption by callus treated with GeO<sub>2</sub> was higher than that treated with C. E. Ge. O.

**Key words** : Germanium, *Angelica keiskei* Koidz, *in vitro* propagation

*Angelica*屬은 미나리(산형)科에 속하며 北半球의 溫帶와 뉴질랜드에 약 60種에 분포<sup>9)</sup>하는데 우리나라에는 약 20種이 있다. 현재 재배하고 있는 이 속의 식물로는 明日葉(神仙草), 日當歸, 참당귀,

羌活, 궁궁이(川芎), 구릿대(白芷), 바다나물(前胡), 藁本 등 漢方藥으로 쓰이는 중요한 생약재가 많다. 明日葉은 게르마늄(Ge) 함량이 많은 것으로 알려져 있으며<sup>4)</sup>, 암<sup>12)</sup>, 고혈압 및 혈액정화 등에

\* 圓光大學校 農科大學 (Coll. of Agri., Univ. of Wonkwang, Iksan, Chonbuk 570-749, Korea)  
본 연구는 교육부의 1994년도 地域開發 研究課題 學術研究組成比에 의하여 수행되었음.

효과가 우수하다고 하여 최근 건강식품으로 각광을 받고 있다. 人蔘은 예로부터 중국과 우리나라에서는 萬病通治하는 靈藥으로 알려져 있으며 이 식물 또한 게르마늄이 많이 함유되어 있는데<sup>13)</sup> 분석자들에 따라 함량의 차이가 많다.

게르마늄은 주기율표에서 32번째 원소이며 미량 원소인데 반도체로서 중요하게 쓰인다. 지난 20년간 인테페론 유기, 항암작용 및 혈액정화 등의 효과에 이 원소가 관여하는 보고가 많이 있었다. 인삼 靈芝, 마늘, 알로에, 킴프리를 비롯한 많은 珍貴한 生藥類들이 Ge을 다량 함유<sup>13)</sup>한다고 한다.

본 연구는 명일엽과 인삼의 기내배양을 통한 Ge 함량 증대를 도모하기 위해 무기와 유기Ge을 농도별, 배지의 pH별 처리하여 캘러스 유도과 증식을 조사하였고, 캘러스가 흡수한 Ge을 측정한다 그 결과를 보고하는 바이다.

## 材料 및 方法

### 1. 供試 試藥

본 실험에서는 다음과 같은 시약을 사용하였다. 탈이온수, NaClO (sodium hypochlorite, 12%, 藥理化學工業), 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid, Janssen Chimica), HNO<sub>3</sub> (nitric acid, 61%, 等級, 松野園製藥所), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (hydrogen peroxide, 30.0~35.5%, 特級, 藥理化學工業), CCl<sub>4</sub> (carbon tetrachloride,  $\rho$  1.59, 特級, 藥理化學工業), 氷醋酸 (glacial acetic acid, 1級, 純正化學), 醋酸나트륨 (sodium acetate trihydrate, 1級, 藥理化學工業), 1M acetic acid-sodium acetate 용액 (氷醋酸 57.14ml에 醋酸 나트륨 135g을 넣어 용해한 후 탈이온수로 1L 정용), germanium 標準液 (0.2N KOH에 용해된 GeO<sub>2</sub>, 1,000ppm, 純正化學), GeO<sub>2</sub> (日本 淺井ゲルマニウム研究所 기증), C. E. Ge. O. (淺井ゲルマニウム研究所 기증, 原子吸光分光光度計에 의한 Ge 함량 조사와 그곳에서 처음 합성해 특허를 얻은 바 있기에 bis- $\beta$ -carboxyethylgermanium sesquioxide (Ge-132)로 사료됨), HCl (hydrochloric acid, 35~37%, 特級, 藥理化學工業)

### 2. 器內培養時 試料의 調製 및 條件

明日葉 (*Angelica keiskei* Koidz.) 試料는 全北 益山市 圓光大學校 農科大學에서 재배하는 것으로 잎이 전개되기 전 小葉을, 人蔘 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 종자를 발아시킨 후 子葉을 시료로 사용하였다. 시료를 채취 후 75% 에탄올에 10초간 침지한 다음 0.3% NaClO로 10분간 소독 후 滅菌水로 3회 세척하고 2×3mm로 절단하여 사용했다.

明日葉 試料 條件 : MS 기본배지<sup>10)</sup>에 3% sucrose, 0.8% agar, 1.0ppm 2,4-D 및 무기 Ge (GeO<sub>2</sub>)과 유기 Ge (C. E. Ge. O.)의 농도 (0, 1, 5, 10, 50, 100ppm)별, pH (5.4, 5.7, 6.0)별 처리한 후 고압증기멸균기로 121℃에서 15분간 살균하여 시험관 (2.2×15.0cm)에 15ml 씩 분주했다. 시험관 당 3절편을 배지에 치상 후 25±1℃, 明 (1,500lux, 광주기 16/8시간) 또는 暗條件하에 두었다. 명조건에는 1/2 MS배지를 사용했다. 그들의 캘러스 유도는 4주 후, 캘러스 증식은 한번 더 계대배양 후 4주에 조사했다.

高麗人蔘 試料 條件 : 캘러스는 SH배지<sup>14)</sup>에 3% sucrose, 0.8% agar, 0.5ppm 2,4-D, 2.0ppm p-CPA, 0.1ppm kinetin을 첨가하여 암조건에서 유도하였고 계대배양하여 증식한 것이다. MS 기본배지에 3% sucrose, 0.8% agar, 1.0ppm 2,4-D 및 GeO<sub>2</sub>와 C. E. Ge. O.의 농도 (0, 1, 10, 50ppm)별로 처리하여 pH 5.7로 조절한 후 위와 같이 살균, 분주했다. 캘러스를 배지에 치상하고 明日葉에서와 같이 明暗하에 두었다. 명조건에서는 1/2 MS배지를 사용하였으며 그들의 캘러스 증식은 4주 후에 조사했다.

### 3. 分 解

수거한 캘러스는 다스운 증류수로 3~4번 수세 후 70℃에서 열풍 건조한 다음 乳棒으로 분쇄하고 50mesh체에 걸렀다. 60℃에 보관한 시료 1g을 분해시험관 (2.4×20.2cm)에 넣고 HNO<sub>3</sub> 용액을 10ml 가한 후 작은 깔때기를 올리고 1일 방치한 다음 hot plate상에서 서서히 120℃까지 올려 1시간 가열하고 분해용액을 식힌 후 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 6ml 첨가하여 다시 가열하였다. 분해 용액이 미색 또는 투명

해지면 분해가 종료된 것으로 판단하지만 그렇지 않으면 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 1ml 씩 첨가하고 가열하여 분해가 완료될 때까지 반복하고 분해가 완료되면 깔때기를 벗기고 분해용액을 5ml까지 증발시킨 다음 탈이온수를 가하여 12.5ml로 정용하였다.

#### 4. Ge含量 分析

상기 12.5ml 용액을 分液漏斗(separatory funnel)에 넣고 9M HCl이 되도록 HCl을 37.5ml가 하고 11.3ml CCl<sub>4</sub>로 2회(2분/회)攪拌器(shaker)를 이용 추출하여 추출한 22.6ml 용액에 다시攪拌器를 이용 탈이온수 4ml로 2회(2분/회)추출하였다. 추출한 8ml 용액을 10ml 정량 flask로 옮긴 후 1M acetic acid-sodium acetate 용액 1ml를 넣고 탈이온수로 정용하였다. 용액의 pH를 4.6으로 맞춘 후 原子吸光分光光度計(Model: Varian SpectrAA-30, Australia)의 graphite furnace 방법으로 측정하는데 그 분석조건은 Table 1과 같다.

Table 1. AAS\* operating conditions and instrument parameters for Ge analysis.

In strument	: Graphite Tube Atomizer-96
Graphite tube	: Partition tubes (coated) Varian part no. : 63-1000120-00
Temperature	: 2,600℃
Time	: 2sec
Gas flow	: 3L/min.
Lamp current	: 5mA
Slit width	: 1.0nm
Wavelength	: 265.2nm
Agron input pressure	: 1.5Kgf/cm <sup>2</sup>

\* : Atomic Absorption Spectrophotometry

## 結果 및 考察

### 1. 캘러스 誘導

明日葉의 소엽 절편을 여러 조건에 처리한 후

Table 2. Effects of concentration of Ge compounds, condition of culture, and pH of medium on callus induction from leaflet of *A. keiskei*.

Compd.	Ge Conc. (ppm)	Ligth			Dark		
		pH			pH		
		5.4	5.7	6.0	5.4	5.7	6.0
	0	12.5	0	0	50.0	50.0	50.0
GeO <sub>2</sub>	1	25.0	0	0	54.4	52.9	65.5
	5	37.5	0	0	60.0	87.5	60.0
	10	16.7	0	0	50.0	66.7	40.0
	50	0	0	0	37.5	45.6	16.7
	100	0	0	0	0	20.0	0
C. E. Ge. O.	1	0	12.5	0	70.0	50.0	50.0
	5	0	16.7	0	67.5	50.0	40.0
	10	0	16.7	0	40.0	50.0	25.0
	50	0	0	0	37.5	37.5	16.7
	100	0	0	0	25.0	25.0	12.5

4주에 조사한 결과는 표 2와 같다. 명조건 하에서 명일엽의 캘러스 유도는 좀처럼 되지 않았다. 본 실험 후 세 차례에 걸쳐 동일 조건에서 실험 반복했으나 비슷한 결과를 얻었다. 치상 후 잎에 존재하는 어떤 특유의 물질이 배지로 스며들어 캘러스 유도를 방해하는지를 조사하기 위해 치상 10일 후 절편을 다시 계대하고 4주에 조사했으나 역시 유도는 되지 않았다.

암조건 하에서는 GeO<sub>2</sub> 처리시 10ppm까지 양호하고, 50ppm부터 저해되다가, 100ppm부터는 유도가 되지 않았으나 C. E. Ge. O. 처리시 10ppm부터 저해되지만 100ppm 에서도 유도가 다소 되었다. GeO<sub>2</sub>나 C. E. Ge. O. 처리 모두 배지의 pH는 5.7 > 5.4 > 6.0 순서로 캘러스 유도가 좋았는데 5ppm까지의 캘러스 유도는 무처리보다 오히려 잘 되는 경향이였다.

## 2. 캘러스 増殖

明日葉 : 캘러스 유도율을 조사하고 그대로 계대

한 후 4주에 캘러스 증식의 표시로서 캘러스 반지름을 측정 한 결과는 표3과 같다. 대체적으로 캘러스 증식의 정도는 캘러스 유도 정도(표 2)와 비슷한 경향을 띄었다. 명조건 하의 일부 처리에서 캘러스가 조금 유도되었는데 계대 후 그들의 증식은 또한 좀처럼 되지 않았다.

암상태의 GeO<sub>2</sub>나 C. E. Ge. O. 처리시는 모두 5ppm까지 대체로 양호했다. 50ppm GeO<sub>2</sub> 처리시는 거의 증식이 없는 반면 동일 농도의 C. E. Ge. O. 처리시는 pH 6.0배지를 제외하고는 다소 잘 되었다. GeO<sub>2</sub>나 C. E. Ge. O. 처리 모두 배지의 pH는 5.7 > 5.4 > 6.0 순서로 캘러스 증식이 좋은 경향이였다. 캘러스 증식 중 신초 발생이 많은 편인데 GeO<sub>2</sub> 처리는 1~5ppm에서, C. E. Ge. O. 처리에서는 100ppm까지 발생했는데 pH5.7 배지에서 특히 많이 발생했다.

高麗人蔘 : 암조건 하에서 유도하고 증식한 캘러스를 MS 배지에 Ge 농도별 처리하고 명암 하에서 의 캘러스 상태를 표시한 것은 표4와 같다. 명조건

Table 3. Effect of concentration of Ge compounds, condition of culture and pH of mediumj on callus growth from leaflet of *A. keiskei*.

Compd.	Ge Conc. (ppm)	Light			Dark		
		pH			pH		
		5.4	5.7	6.0	5.4	5.7	6.0
GeO <sub>2</sub>	0	++	-	-	+++	+++	+++
	1	+(S)	-	-	+++	+++ (S)	+++ (S)
	5	+(S)	-	-	++	+++ (S)	++
	10	-	-	-	++	+++	+
	50	-	-	-	+	+	-
	100	-	-	-	-	-	-
C. E. Ge. O.	1	+	-	-	+++ (S)	+++ (S)	+++ (S)
	5	+	+	-	+++	+++ (S)	++ (S)
	10	-	-	-	+++	+++ (S)	+
	50	-	-	-	++	++ (S)	-
	100	-	-	-	-	++ (S)	-

Callus radius (mm) : - ; 0, + ; 0.1~2.0, ++ ; 2.1~4.0, +++ ; above 4, (S) ; shooting

하에서 증식한 캘러스는 생육이 더디고 단단한 반면 암조건에서의 것은 생육에 있어 명조건에 둔 것보다 양호한 반면 수분을 많이 함유했다. 명조건의 경우 GeO<sub>2</sub>나 C. E. Ge. O. 처리시 대조구에서 캘러스 생육이 제일 좋고 1ppm과 10ppm에서는 생육의 저해를 받으나 신초가 잘 형성되었다. 50ppm GeO<sub>2</sub>에서는 생육을 못하는 반면 50ppm C. E. Ge. O. 처리시는 약간 증가하는데 옅은 갈색으로 되었다. 암조건 하의 캘러스는 동일 농도에서 C. E. Ge. O. 처리가 GeO<sub>2</sub> 처리보다 생육이 양호한 편인

데, 낮은 농도에서 옅은 노란빛을 띠다가 농도가 높아짐에 따라 갈색으로 변했다.

李<sup>5)</sup>이 MS배지에 고려인삼을 暗培養時 5ppm GeO<sub>2</sub>까지의 농도에서는 캘러스의 유도과 증식이 양호했으나 50 또는 100ppm 처리시는 그들의 증식이 불량하다는 점은 본 실험과 거의 일치하나, 韓等<sup>3)</sup>이 50ppm GeO<sub>2</sub> 처리가 4ppm C. E. Ge. O. 처리보다 캘러스 증식이 잘 된다고 보고한 바는 본 실험과 판이하게 다르다. 또한 마늘에서 캘러스 유도과 증식 또는 器官分化 등이 5ppm GeO<sub>2</sub>까지의 농도

Table 4. Effect of concentration of Ge compounds and condition of culture on callus from *P. ginseng*.

Ge		Light			Dark		
Compd.	Conc. (ppm)	Growth	Color	Physical property	Growth	Color	Physical property
	0	++	Yellow	Brittle	+++	PY	soft
GeO <sub>2</sub>	1	+(s)	PG	hard	++	PY	soft
	10	+(s)	PG	hard	+	PB	soft
	50	-	-	-	+	brown	soft
	1	+(s)	PG	hard	+++	PY	soft
C. E. Ge. O.	10	+(s)	PG	hard	++	PY	soft
	50	+	PG	hard	+	brown	soft

- : none, + : poor, ++ : moderate, +++ : good, (s) : shooting, PY : pale yellow, PG : pale green, PB : pale brown

에서는 무처리와 동일하게 양호하며, 10ppm부터 저해되다가 50ppm에서는 불량하다고 보고<sup>6)</sup>한 바는 본 실험과 일치하나 벼에서 캘러스가 GeO<sub>2</sub>나 Ge-132의 Ge 300ppm까지 잘 증식했는데 (미발표) 이점들은 본 실험과 많은 차이를 보여주는 바 식물에 따라서도 차이가 있는지 동일조건에서의 비교연구가 필요하다. 식물에 의한 Ge(GeO<sub>2</sub>)의 흡수는 矽素(SiO<sub>2</sub>)의 그것과 유사성이 있어 Si 흡수가 큰 식물(벼)이 Ge을 많이 흡수<sup>15)</sup>한다는데 만일 Ge을 많이 흡수하게 되면 벼의 캘러스 생육이 더욱 저해를 받을 것 같은데 높은 농도에서도 양호했다. 그렇다면 Si 흡수가 큰 식물이 非矽酸性 식물보다 Ge 흡수도 많이 하면서 Ge 耐性도 강하게 한다고

생각할 수 있다.

### 3. Ge 分析

다량 원소의 측정시 분해용액으로 많이 쓰이는 HClO<sub>4</sub>를 사용하면 이에 의해 만들어지는 염화물은 부분적으로 휘발<sup>11)</sup>하기 때문에 본 실험에는 HNO<sub>3</sub>과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 사용하였다. 9~10M HCl로부터 Ge을 CCl<sub>4</sub>에 의해 GeCl<sub>4</sub> 상태로 추출함으로써 Ge을 간섭하는 원소들로부터 분리하는데 효과적인 방법을 제시<sup>16)</sup>한 이래 Ge 추출에 이 방법이 많이 사용된다. 재료 및 방법의 마지막 단계에 증류수로 추출한 Ge 상태는 GeO<sub>2</sub>인데, 이 상태에 水素化物發生機(hydride generator)를 이용 최근 분석한 바

2.4) 있으나 이 기술들은 시료를 꼭 환원시켜야 하는 점과 비싼 장비의 구입이 문제가 된다. 본 실험에서는 GeO<sub>2</sub> 상태에서 pH를 안정하게 합과 이온화억제자(ionization suppressor)로 acetic acid-sodium acetate 완충액을 사용함으로써 Ge 흡광도를 높이며 또한 감도가 좋은 原子吸光分光光度計의 graphite tube atomizer (flameless AAS)를 사용하여 측정하였다.

암상 상태에서 명일엽은 5번, 인삼은 4번 계대배양한 후 수거한 켈러스를 분석한 결과는 표5와 같다. 동일 농도(ppm)에서 두 식물 모두 GeO<sub>2</sub> 처리한 켈

커스가 C. E. Ge. O. 처리한 것보다 Ge 흡수가 많았다. 배지의 pH에 있어서는 명일엽의 경우 10ppm GeO<sub>2</sub> 처리시 pH 5.7 > pH 5.4 > pH 6.0 순서로 Ge 흡수가 많았고, 10ppm C. E. Ge. O. 처리시에는 6.0 > pH 5.7 > pH 5.4 순서로 흡수가 많았다. 흡수 양상에 있어서는 명일엽의 경우 GeO<sub>2</sub> 처리시 10 ppm까지는 급격히 흡수가 증가하나 그 후는 완만했고 C. E. Ge. O. 처리시는 GeO<sub>2</sub> 처리에 비해 100ppm까지 완만하게 흡수하는 경향이었으나 인삼의 경우는 두 처리 모두 50ppm 까지 꾸준히 증가했다.

Table 5. Effects of concentration of Ge compounds and pH of medium on Ge absorption by callus induced from *A. keiskei* and *P. ginseng* under dark condition (ppm)

Compound	Ge Conc.	<i>A. keiskei</i>			<i>P. ginseng</i>		
		pH			pH		
		5.4	5.7	6.0	5.4	5.7	6.0
GeO <sub>2</sub>	0	-	ND	-	-	ND	-
	1	-	159.75	-	-	74.8	-
	5	-	243.70	-	-	-	-
	10	495.87	797.96	396.86	-	239.6	-
	50	-	1,715.33	-	-	892.2	-
C. E. Ge. O.	1	-	83.92	-	-	56.9	-
	5	-	201.81	-	-	-	-
	10	246.38	305.17	525.79	-	186.9	-
	50	-	1,322.34	-	-	743.1	-
	100	-	1,719.04	-	-	-	-

본 실험에서 Ge 처리시 명일엽의 켈러스가 인삼보다 Ge 함량이 높은 것은 명일엽의 세포가 인삼보다 Ge 흡수 능력이 높은 것으로 사료된다. Lee 등<sup>7)</sup>이 자연 상태에서 명일엽이 일당귀보다 Ge이 2.1배 함유한다고 보고한 바가 있는데 두 식물을 동일 조건에서 Ge 처리 器內培養時 명일엽이 일당귀(미발표)보다 Ge 함량이 높았다. 따라서 기내배양

과 자연상태 조건에 있어 세포들 간의 Ge 흡수 능력에 상관이 있다면 기내배양을 통하여 동일 환경에 있을 경우의 식물체내 Ge 함량 정도를 빠르게 비교할 수도 있다고 생각된다. 기내배양시 게르마늄이 켈러스 유도과 증식이 미치는 영향을 인삼<sup>3)</sup>과 마늘<sup>8)</sup>에서 보고한 바 있으나 증식한 후 Ge 함량분석을 하지 않은 점은 본 실험과 비교를 할 수

없기에 아쉽다.

水野等<sup>8)</sup>은 Ge-132의 Ge 1,000ppm 수용액에 상수리나무를 浸漬하고 加壓蒸煮하여 Ge를 흡수시킨 후 靈芝의 종균을 접종하여 재배하고 분석한 결과 비교구보다 Ge이 240배(처리구 13.9ppm/비교구 58ppb) 흡수된다는 것을 밝힌 바 있으며 高橋等<sup>15)</sup>은 GeO<sub>2</sub>의 5ppm Ge 수용액에서 Si 흡수가 큰 식물인 벼는 지상부에 3,200ppm의 Ge를 축적하나 非硅酸性 식물인 토마토에서는 약 80ppm 이라고 했다.

본 실험에서는 기내배양을 통하여 식물 세포의 Ge 흡수 정도를 확인했는데 앞으로는 어떤 물질이 Ge 흡수에 도움을 많이 주며, Ge이 어떤 형태로 어떻게 세포를 통과하는지 등을 검토하는 연구가 必要할 것으로 고찰된다.

## 摘 要

명조건에서 명일엽의 캘러스 유도과 증식은 GeO<sub>2</sub>와 C. E. Ge. O. 처리 모두 거의 되지 않았다. 암조건 하의 캘러스 유도는 명일엽에서 GeO<sub>2</sub>와 C. E. Ge. O. 처리 모두 5ppm까지 양호했고, 50ppm부터 저해되다가 100ppm GeO<sub>2</sub> 처리시는 거의 되지 않은 반면 100ppm C. E. Ge. O. 처리시는 다소 되었다. 명일엽의 캘러스 유도과 증식은 배지의 pH가 pH 5.7 > pH 5.4 > pH 6.0 순서로 좋았다.

명조건 하의 인삼에서는 1~10ppm 에서 불량하게 생육하나 신초를 잘 형성했다. 암조건 하의 캘러스 증식은 명일엽에서 GeO<sub>2</sub>나 C. E. Ge. O. 처리시 모두 5ppm까지 양호했고, GeO<sub>2</sub> 처리시 50ppm부터 거의 되지 않았으나 C. E. Ge. O. 처리시는 pH 5.7의 경우 100ppm에서도 다소 좋았다. 명일엽에서는 캘러스 증식 중 신초 형성이 많았는데 pH 5.7에서 현저했다. 인삼에서는 암상태에서 GeO<sub>2</sub> 처리시 10ppm부터, C. E. Ge. O. 처리시는 50ppm부터 불량하면서 갈색으로 변했다.

암조건 하에서 GeO<sub>2</sub>와 C. E. Ge. O. 의 모든 농도에서 명일엽의 캘러스가 인삼의 캘러스보다 함량이 높았다. 두 식물 모두 동일 농도에서 GeO<sub>2</sub> 처리한 캘러스가 C. E. Ge. O. 의 것보다 높았다. 흡수 양상에서 있어서는 명일엽의 경우 GeO<sub>2</sub>는 10ppm

까지 급속하게 흡수하고 그 이상의 농도에서는 완만한 반면 C. E. Ge. O. 는 GeO<sub>2</sub>에 비하여 100ppm까지 완만하게 흡수되었다.

## 引用文獻

1. 淺井一彦. 1985. 驚異の元素ゲルマニウムと私. 玄同社, 東京 p. 236.
2. Halicz, L. 1985. Determination of germanium in silicate rocks and sulphide ores by hydride generation and flame atomic-absorption spectrophotometry. Analyst 110: 943~946.
3. 韓昶烈, 李萬相, 李重浩, 全炳機. 1980. 高麗人蔘의 組織培養에 關한 研究. 特히 Germanium의 效果에 對하여, 圓大大學院論文集 4: 49~56.
4. 金日光, 千賢子, 鄭昇溢, 朴聲雨. 柳在薰. 1993. 네모파 산화전극 벚김 전압전류법을 이용한 게르마늄의 미량분석. 大韓化學會誌 37(11): 943~950.
5. 李萬相. 1982. 高麗人蔘의 組織培養에 關한 研究 II. 植物 部位別, 地域別 實驗. 한국식물조직배양학회지 9(1): 43~46.
6. 李萬相, 崔鎔勳. 1990. 無機 Germanium 添加가 마늘의 Callus 形成 및 器官分化에 미치는 影響. 圓大農大論文集 13: 21~31.
7. 李萬相, 金成朝, 白承和, 南宮承洙. 1995. 明日葉과 日當歸의 Germanium 含量 增大를 위한 基礎研究. 韓藥作誌 3(1): 45~49.
8. 水野卓, 太田原紳一, 李敬軒. 1988. 藥用キノコの灰分組成とゲルマニウム含量について. 静岡大學農學部研究報告 38: 37~46.
9. 村田源, 星川清親, 堀田滿, 新田あや. 1989. シシウド 世界有用植物事典. 平凡社, 東京 pp. 90~91.
10. Murashige, T. and F. Skoog. 1962. a revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473~497.
11. Nazarenko, V. A. 1974. "Analytical chem-

- istry of the elements : germanium”, Israel program for scientific translations, Wiley, New York, p.193.
12. Okuyama, T.M., Takata, J. Takayasu, T. Hasegawa, H. Tokuda, A. Nishino, H. Nishino, A. Iwashima. 1991. Anti-tumor-promotion by principles obtained from *Angelica keiskei*. *Panta Med.* 57 : 242~246.
  13. Park, M.K. and D.S. Han. 1979. Seoul Univ. J. of Pharm. Sci. 4, p.100
  14. Schenk, F.V. and A.C. Hildebrandt. 1972. Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell culture. *Can J. Bot.* 50 : 199~204.
  15. 高橋英一, 蕭聰明, 三宅\* 人. 1976. ケイ酸植物のゲルマニウムに対する生育反応の特異性について(その). ケイ酸の比較植物令嬢學的研究(第1報). *日土肥誌* 47(5) : 183~190.
  16. Vanossi, R. 1944. *An Asoc quim Argent* 32 : 164.