藥作誌(Korean J. Medicinal Crop Sci.) 4(2) : 101 - 108

# 羌活의 캘러스 및 植物體 中 Ge含量에 미치는 $GeO_2$와 Citric Acid의 影響

朴炳雨·李重浩·權泰午*

# Effects of $GeO_2$ and Citric Acid on Germanium Content of Callus and Plant in *Angelica koreana* MAX.

Byoung Woo Park, Joong Ho Lee and Tae Oh Kwon*

**ABSTRACT** : This study was conducted to investigate the effect of growth regulators and $GeO_2$ on the induction and proliferation of callus and the effect of $GeO_2$ and citric acid on the Ge content of callus from explants and plant, *Angelica koreana* Max. The results obtained were summarized as follows.

The callus induction was most effective on MS(Murashige and Skoog) medium containing 1.0ppm 2, 4 - D with petiolule. The proliferation of callus was most effective at 2.0ppm 2, 4 - D on the medium, at 2.5ppm $GeO_2$ on the medium containing 2.0ppm 2, 4 - D, and at 0.1~1mM citric acid on the medium at pH6 containing 2.0ppm 2, 4 - D and 2.5ppm $GeO_2$. The more $GeO_2$ in MS medium up to 20ppm, the more Ge content in callus. Ge content in callus was highest when the medium was supplemented with 0.1mM citric acid and the pH of medium was low. The Ge content in plant was high in order of leaf > root > stem. Application $GeO_2$ to the soil increased Ge content in plant and application of 1mM citric acid with $GeO_2$ resulted in increasing Ge content highest in plant, but application more than 10mM citric acid resulted in Ge content decreased.

Application of $GeO_2$ increased Ge content in callus and plant but had a tendency to decrease some mineral content, on the other hand application of 0.1~1mM citric acid with $GeO_2$ had a tendency to increase mineral content.

羌活(*Angelica koreana* MAX.)은 미나리과(산형과)에 속하는 宿根草로서, 어린순은 나물로, 뿌리는 약용으로 이용하며[4], 함유성분으로는 prangolarin, oxypeucedanin, isoimperation등이 보고되고 강활 특유의 냄새를 갖게 하는 물질인 *m*-cresol을 함유하고 있다[6]. 漢方에서 發汗, 解熱, 감기, 頭痛, 근육통등에 효능이 있어 생약뿐만 아니라 제약의 원료로도 이용되고 있다. 게르마늄은 抗癌效果 및 뇌 기능장애, 폐질환 및 혈액정화 등에 효과적이어서 硏究가 활발하고[5,8], 암세포에 대한 면역성, 난치병의 화학적 치료제로 효과가 큰 것으로 알려져 있으며[7], 유[13]는 특정 게르마늄의 화합물은 식물성장 촉진제나 식물 첨가제 등으로 이용된다고 하였다. 기내에서의 게르마늄에 대한

* 圓光大學校 農科大學(College of Agriculture, Wonkwang University, Iksan, Cheonbuk 570 - 749, Korea)

연구는 韓[7] 등이 高麗人蔘에서, 李[9]등은 마늘에서 캘러스 형성 및 기관 분화에 미치는 無機 게르마늄의 효과에 대하여 조사하였으며, 또한 명일엽과 일당귀의 조직배양시 캘러스 중 Ge 含量은 명일엽의 캘러스가 일당귀의 캘러스보다 2배 정도 높았다고 하였으며[10], 인삼에서도 $GeO_2$나 C.E.Ge.O. 처리로 명일엽의 캘러스가 인삼의 캘러스보다 Ge 含量이 높다고 하였다[11]. 식물체내에 미량 요소들의 결핍 현상을 극복하기 위해 킬레이트 형태의 비료를 사용하는데, White[14]등은 구연산(citric acid)과 같은 유기산의 음이온이 Fe과 킬레이트를 形成하여 물관을 따라 이동한다고 보고하였다. 본 연구는 강활을 이용하여 캘러스 유도 및 증식에 미치는 생장조절물질과 $GeO_2$의 영향과 캘러스 및 식물체 중의 Ge 함량을 증가시키기 위하여 $GeO_2$ 및 구연산을 처리한 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

1. **캘러스 중 Ge 含量** : 全北 益山市 圓光大學校 藥草園에서 栽培되고 있는 2년생된 羌活을 사용하여 器內 培養時 캘러스 誘導에 미치는 식물체 부위 및 식물 생장조절제의 영향을 검토하기 위하여 小葉, 小葉柄, 葉柄을 사용하였으며, MS 基本培地에 2,4-D, NAA의 농도를 각각 0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0ppm 처리한 배지에 치상하고, 培養條件은 25±1℃의 배양실에서 1일 16시간 明培養(1,500lux)을 실시하였다. 캘러스 유도율은 치상 4주후에 조사하였다.

위에서 얻어진 캘러스를 MS 배지에 2,4-D 농도별 처리와 2,4-D 2.0ppm이 첨가된 배지에 $GeO_2$ 농도를 다양하게 처리하였고, 또한 2,4-D 2.0ppm과 2.5ppm의 $GeO_2$가 첨가된 배지에 구연산 농도 및 pH를 다르게 조절하여 치상 4주후에 캘러스 증식률을 조사하여, Ge 및 무기원소 함량을 분석하였다.

2. **植物體 중 Ge 含量** : 供試 材料로 사용한 강활을 pot(Φ 30×30㎝)에 이식하여 착근을 시킨후 구연산 농도 0(pH 5.6), 1(pH 3.3), 10(pH 2.6), 100(pH 2.1) mM에 각각 $GeO_2$를 첨가하여 $GeO_2$ 100ppm 용액을 만들어 1995년 6월 1일 부터 3일 간격으로 200㎖씩 10回(pot당 총 시용량 $GeO_2$ 200㎎) 및 20回(pot당 총 시용량 $GeO_2$ 400㎎)를 토양에 처리하였으며, 8월 25일에 식물체를 채취하였다.

3. **Ge 및 기타 무기원소 分析** : 캘러스와 식물체의 뿌리, 줄기, 잎을 57~60℃에서 열풍건조한 다음 분쇄하여 50mesh체를 통과한 시료 1g을 $HNO_3$(60.0~62.0%, 特級) 용액에 완전 분해시켜 탈 이온 증류수로 25㎖로 정용한 후 12.5㎖은 Ge 含量을 분석하고, 나머지 12.5㎖은 原子吸光分光光度計를 사용하여 무기원소 分析에 사용하였다. Ge 분석은 완전 분해된 용액 12.5㎖를 separatory funnel에 넣고 HCl의 농도가 9M이 되게 37.5㎖을 첨가한 후, 11.3㎖의 $CCl_4$(carbon tetrahloride, 藥理化學工業, 特級)로 2회 추출한 용액에 다시 4㎖의 12.5ppm $PdCl_2$(純正化學, 1,000ppm)으로 2회 추출하고, 추출한 용액에 12.5ppm의 $PdCl_2$를 첨가하여 10㎖로 정용한 후 原子吸光分光光度計(Model : Varin SpectrAA-300, Australia)의 graphite furnace 方法으로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 캘러스 중 Ge 含量

(1) 캘러스 誘導率

羌活의 식물체 부위를 小葉, 小葉柄, 葉柄으로 나누어 2,4-D와 NAA의 농도를 달리한 배지에 치상한 후 캘러스의 유도율을 조사한 결과, 치상 1주일후 조직의 절편이 부풀면서 유백색의 캘러스가 形成되기 시작했는데 표 1에서와 같이 치상 부위별로는 소엽병 〉 엽병 〉 소엽 순으로 캘러스 유도가 잘되었으며, NAA 처리보다는 2,4-D 처리에서 좋았다. 캘러스가 제일 잘 유도된 처리는 소엽병에서 2,4-D 濃度 1.0ppm 처리로 83.3%의 유도율을 나타내었고, 엽병에서 2,4-D 농도 2.0ppm 처리로 71.4%의 유도율을 나타내었으며 소엽에서는 2,4-D 2.0ppm에서 48.3%의 유도율을 나타내어서, 소엽병을 재료로 2,4-D 1.0ppm 수준에서 캘러스 유도율이 가장 높았다.

Table 1. Effects of 2, 4 - D and NAA on callus induction from leaflet, petiolule and petiole of *A. koreana*

| Concentration of growth regulators (ppm) | | Leaflet | | | Petiolule | | | Petiole | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | No. of explant (A) | No. of explant producing callus (B) | (B/A) (%) | (A) | (B) | (B/A) (%) | (A) | (B) | (B/A) (%) |
| 2, 4 - D | 0 | 30 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 |
| | 0.5 | 29 | 5 | 17.2 | 29 | 20 | 69.0 | 28 | 5 | 25.0 |
| | 1.0 | 28 | 10 | 35.7 | 30 | 25 | 83.3 | 28 | 14 | 50.0 |
| | 2.0 | 29 | 14 | 48.3 | 28 | 17 | 60.7 | 28 | 19 | 71.4 |
| | 4.0 | 29 | 12 | 41.4 | 28 | 14 | 50.0 | 28 | 18 | 64.3 |
| NAA | 0 | 30 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 |
| | 0.5 | 30 | 4 | 13.3 | 28 | 6 | 21.4 | 28 | 7 | 25.0 |
| | 1.0 | 30 | 5 | 16.6 | 30 | 15 | 50.0 | 29 | 15 | 51.7 |
| | 2.0 | 28 | 7 | 25.0 | 30 | 16 | 53.3 | 29 | 13 | 44.8 |
| | 4.0 | 28 | 6 | 21.4 | 30 | 10 | 33.3 | 29 | 10 | 34.5 |

(2) 캘러스 增殖率

1) 2, 4 - D 농도에 따른 캘러스 증식율 : 표 2는 소엽병에서 유도된 캘러스를 2, 4 - D 濃度별로 첨가된 배지에 치상하여 치상 4주후에 캘러스 증식율을 조사한 결과이다. 2, 4 - D 濃度를 증가시킴에 따라 증식율도 증가하여 2, 4 - D 2.0ppm에서 165%로 가장 높았으나 2, 4 - D 4.0ppm에서는 85%로 오히려 현저하게 감소하였다. 이는 2, 4 - D 濃度가 높아짐에 따라 2, 4 - D의 독성 때문에 세포분열이 저조하여 증식율이 감소되었다고 생각한다. 캘러스의 색깔은 1.0ppm과 2.0ppm에서 유백색을 띠었고 나머지에서는 연한 갈색을 띠었으며 embryogenic callus는 발생하지 않았다.

2) $GeO_2$ 濃度에 따른 캘러스 增殖率 : $GeO_2$ 농도별 캘러스 증식율을 조사하기 위하여 2.0ppm의 2, 4 - D가 첨가된 배지에 $GeO_2$ 농도를 0, 2.5, 5.0, 10.0, 20.0ppm으로 처리하여 5주후에 조사한 결과, 표 3에서와 같이 $GeO_2$의 농도 2.5ppm에서 가장 많이 증가하였고, 5.0ppm까지는 양호했으나 10.0ppm이상에서는 현저하게 감소되었다.

Table 2. Effect of 2, 4 - D on the propagation of callus induced from *A. koreana*

| 2, 4 - D (ppm) | IW* (A) | FW** (B) | (B - A) / A (%) | Color*** |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 2.0 | 4.0 | 100 | PB |
| 0.5 | 2.0 | 4.8 | 140 | PB |
| 1.0 | 2.0 | 5.1 | 155 | MW |
| 2.0 | 2.0 | 5.3 | 165 | MW |
| 4.0 | 2.0 | 3.7 | 85 | PB |

* IW : Initial fresh weight (g)
** FW : Final fresh weight (g)
*** PB : Pale brown, MW : Milk white

Table 3. Effect of $GeO_2$ in MS medium supplemented with 2.0ppm 2, 4 - D on growth of callus induced from *A. koreana*

| $GeO_2$ (ppm) | IW* (A) | FW** (B) | (B - A) / A (%) | Color*** |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 3.80 | 8.81 | 139 | MW |
| 2.5 | 3.01 | 8.79 | 192 | MW |
| 5.0 | 5.05 | 13.49 | 167 | MW |
| 10.0 | 3.94 | 6.65 | 69 | MW |
| 20.0 | 3.15 | 4.27 | 36 | PB |

* IW : Initial fresh weight (g)
** FW : Final fresh weight (g)
*** PB : Pale brown, MW : Milk white

Table 4. Effects of citric acid and pH of MS medium supplemented with 2.5ppm $GeO_2$ and 2.0ppm 2,4-D on growth of callus induced from *A. koreana*

| pH | Citric acid (mM) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | | | 0.1 | | | 1 | | | 10 | | |
| | IW* (A) | FW** (B) | (B-A)/A (%) | IW (A) | FW (B) | (B-A)/A (%) | IW (A) | FW (B) | (B-A)/A (%) | IW (A) | FW (B) | (B-A)/A (%) |
| 4 | 2.75 | 2.07 | 33 | 3.39 | 5.70 | 71 | 4.03 | 8.78 | 118 | 3.19 | 3.83 | 20 |
| 5 | 1.86 | 3.14 | 69 | 2.12 | 3.66 | 72 | 2.67 | 8.66 | 224 | 3.61 | 5.42 | 50 |
| 6 | 2.36 | 6.82 | 189 | 3.12 | 11.21 | 259 | 2.92 | 11.31 | 287 | 2.81 | 7.45 | 165 |
| 7 | 3.35 | 8.51 | 154 | 2.68 | 7.92 | 196 | 3.89 | 12.70 | 227 | 3.94 | 2.64 | 49 |

* IW : Initial fresh weight (g) ** FW : Final fresh weight (g)

이러한 결과는 李等[11]이 明日葉에서 $GeO_2$ 5ppm까지는 증식이 양호하고 50ppm에서는 거의 증식되지 않았다고 보고하였고, 高麗 人蔘에서도 역시 5ppm $GeO_2$ 농도까지는 캘러스 유도와 증식이 양호했으나 50~100ppm 처리시는 불량하다고 보고하였다. $GeO_2$ 처리시 증식된 캘러스는 대개 유백색을 띠었고, 2.5ppm에서는 부정근이 다소 발생하였다.

3) 구연산 농도 및 pH 조절에 따른 캘러스 증식율 : 2.5ppm의 $GeO_2$와 2.0ppm의 2,4-D가 첨가된 배지 내에서 구연산 농도 및 pH를 달리하여 캘러스의 증식율을 조사한 결과는 표 4와 같다. 구연산 무처리시 보다 구연산 0.1, 1mM 처리로 캘러스가 왕성하게 증가하였으며, 10mM의 높은 농도에서는 오히려 현저하게 감소하였는데, 이러한 결과로 보아 배지에 처리된 구연산도 캘러스 증식에 많은 영향을 주는 것으로 생각된다. pH별로는 pH 6 > pH 7 > pH 5 > pH 4 순으로 pH 6에서 캘러스 증식율이 가장 높았으며 pH가 낮을수록 캘러스 증식율은 현저히 감소되었다. 특히 pH6에서 구연산 0.1, 1mM에서 259~287%의 높은 증가율을 나타내었다.

(3) 캘러스 중 Ge 含量

1) $GeO_2$ 濃度에 따른 캘러스 중 Ge 含量 : (2)의 2)에서 증식된 캘러스를 사용하여 캘러스 중 Ge 및 기타 무기원소 함량을 분석한 결과는 그림 1과 표 5에서와 같다. 그림 1에서와 같이 배지중의 $GeO_2$ 농도가 높아짐에 따라 캘러스 중의 Ge 함량은 거의 직선적인 증가를 나타내었으며, $GeO_2$ 20ppm의 처리는 캘러스 중의 Ge 함량 348ppm으로 가장 높은 Ge 함량을 나타내었다. $GeO_2$ 농도별 캘러스 중 무기원소 含量 변화는 표 5에서와 같이 $GeO_2$ 농도가 증가할 수록 K 함량은 감소되었으며, Cu 함량은 큰 차이는 없으나 약간 증가하는 경향이고 Ca, Mg, Mn 및 Zn 함량은 $GeO_2$ 2.5~5.0ppm 처리에서 가장 높은 함량을 나타내었고 그 이상의 농도에서는 오히려 감소되는 경향이었다. 이는 (2)의 2)의 결과에서 $GeO_2$ 2.5~5.0ppm 처리에서 캘러스의 증식율이 가장 높았는데 이와 관련이 있는 것으로 생각된다.

Table 5. Effect of $GeO_2$ of MS medium supplemented with 2.0ppm 2,4-D on content of some mineral elements in callus induced from *A. koreana*

| $GeO_2$ (ppm) | K | Ca | Mg | Mn | Zn | Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | | | ppm | | |
| 0 | 4.25 | 3.22 | 1.35 | 241 | 82 | 9 |
| 2.5 | 3.94 | 3.53 | 1.53 | 245 | 84 | 9 |
| 5.0 | 3.33 | 3.44 | 1.62 | 244 | 81 | 9 |
| 10 | 3.04 | 3.26 | 1.33 | 234 | 73 | 11 |
| 20 | 2.61 | 2.84 | 1.32 | 218 | 71 | 13 |

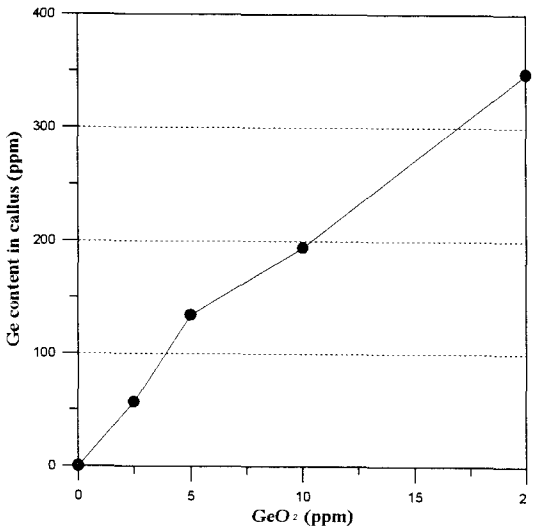


Fig. 1. Effect of $GeO_2$ of MS medium supplemented with 2.0ppm 2,4-D on Ge content in callus induced from *A. koreana*

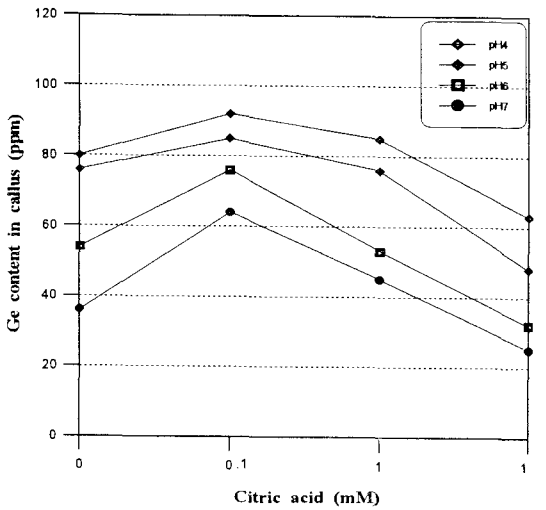


Fig. 2. Effects of citric acid and pH of medium supplemented with 2.5ppm $GeO_2$ and 2.0ppm 2,4-D on Ge content in callus induced from *A. koreana*

2) 구연산 濃度 및 pH 조절에 따른 캘러스 중 Ge 含量 : 킬레이트제인 구연산 농도 및 pH 조절에 따른 캘러스 중 Ge의 含量 변화를 조사하기 위하여 (2)의 3)에서 증식된 캘러스를 사용하여 캘러스 중 Ge 含量을 분석한 결과 그림 2에서와 같다. 캘러스의 Ge 含量은 배지내의 pH가 낮을수록(pH 4 > pH 5 > pH 6 > pH 7) 많은 양의 Ge이 흡수되었고, 구연산의 처리는 0.1mM 농도에서 Ge 含量이 높았으나 그 이상의 농도에서는 낮아지는 경향이었다. 구연산 농도와 pH별 캘러스 중 무기원소 함량은 표 6에서와 같이 구연산 농도 0.1, 1mM에서는 캘러스 중 대부분의 무기원소 함량이 증가하였으나 10mM에서는 무처리보다 오히려 감소되는 경향이었다.

pH별로는 pH가 높을수록 캘러스 중 Mg 함량은 pH 6보다 pH 7에서 오히려 감소되었고, K, Ca, 함량은 증가되나 Mn, Zn, Cu의 함량은 pH가 높을수록 대체로 감소되는 경향이다.

## 2. 植物體 중 Ge 含量

포장에 재식된 강활을 pot에 옮겨 $GeO_2$와 구연산을 혼용하여 시용하고 식물체 중의 Ge 및 기타 무기원소의 含量을 조사한 결과 그림 3과 표 7에서와 같다. 그림 3에서 $GeO_2$ 및 구연산 무시용 구인 대조구에서 식물체 중 Ge 함량은 뿌리 0.62ppm, 줄기 0.63ppm, 잎 0.92ppm으로 낮은 함량을 나타내었으나 $GeO_2$ 및 구연산의 시용으로 높은 Ge 함량을 나타내었으며, 식물체 부위별 Ge 含量은 잎 > 뿌리 > 줄기 순으로 含量이 높았고, $GeO_2$ 시용량이 증가할수록 식물체 중의 Ge 含量은 증가되었으며 구연산 농도별로는 구연산 1mM 농도에서 Ge 함량이 제일 높았고 그 이상의 농도에서는 구연산 농도가 높을수록 Ge 함량은 감소되었다. 이는 앞의 캘러스 중의 Ge 함량은 감소되었다. 이는 앞의 캘러스 중의 Ge 含量시험과 같은 경향으로 나타나는 것으로 보아 강활의 식물체 중 Ge 함량을 높이기 위해서는 $GeO_2$ 시용시 구연산 1mM정도 희석하여 시용하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

水野등[12]은 ICP법을 이용하여 영지의 Ge 함량을 분석한 결과 50ppb를 함유하고 있다고 하였으며, Goto[2]는 명일엽에서 460ppm, 엄[15]은 시료의 전처리를 550℃에서 10시간 灰火法을 사용하여 명일엽

Table 6. Effects of citric acid and pH of medium supplemented with 2.5ppm $GeO_2$ and 2.0ppm 2,4-D on content of some mineral elements in callus induced from *A. koreana*

| Citric acid (mM) | pH | K | Ca | Mg | Mn | Zn | Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % | | | ppm | | |
| 0 | 4 | 2.85 | 0.34 | 0.12 | 233 | 102 | 8 |
| | 5 | 3.45 | 0.34 | 0.13 | 252 | 83 | 7 |
| | 6 | 4.04 | 0.34 | 0.14 | 219 | 79 | 7 |
| | 7 | 4.52 | 0.38 | 0.14 | 204 | 78 | 6 |
| | M | 3.72 | 0.36 | 0.13 | 227 | 86 | 7 |
| 0.1 | 4 | 3.61 | 0.34 | 0.14 | 273 | 108 | 11 |
| | 5 | 3.89 | 0.36 | 0.15 | 267 | 90 | 11 |
| | 6 | 4.21 | 0.37 | 0.16 | 233 | 86 | 10 |
| | 7 | 4.78 | 0.37 | 0.15 | 238 | 86 | 9 |
| | M | 4.12 | 0.36 | 0.15 | 244 | 93 | 19 |
| 1 | 4 | 3.27 | 0.35 | 0.15 | 246 | 108 | 10 |
| | 5 | 3.45 | 0.36 | 0.15 | 250 | 88 | 10 |
| | 6 | 4.99 | 0.38 | 0.18 | 229 | 85 | 9 |
| | 7 | 5.16 | 0.38 | 0.16 | 219 | 83 | 9 |
| | M | 4.22 | 0.37 | 0.16 | 236 | 91 | 10 |
| 10 | 4 | 2.15 | 0.26 | 0.12 | 208 | 91 | 9 |
| | 5 | 3.18 | 0.30 | 0.17 | 193 | 77 | 9 |
| | 6 | 4.63 | 0.32 | 0.14 | 184 | 72 | 8 |
| | 7 | 5.05 | 0.36 | 0.13 | 160 | 63 | 7 |
| | M | 3.75 | 0.31 | 0.14 | 186 | 76 | 8 |

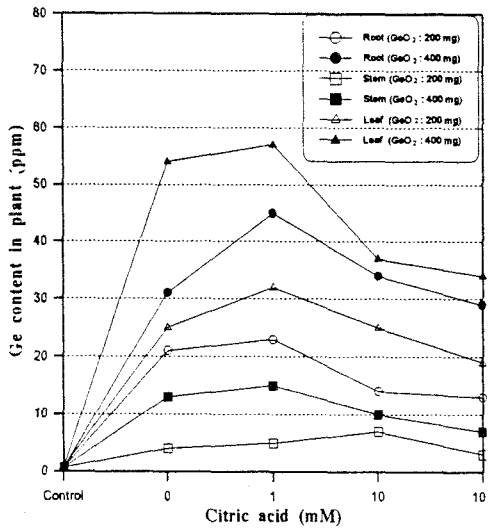


Fig. 3. Effects of $GeO_2$ and citric acid on Ge content in root, stem and leaf of *A. koreana*.

에서 Ge 함량을 分析한 결과 0.92ppm이 함유하였다고 하였다.

이와 같이 Ge 함량에 큰 차이를 보인 것은 환경이나 재배기술등, 또한 분석방법 차이에서도 기인된 것으로 생각된다. 淺井一彦[1]의 보고에 의하면 컴프리, 마늘, 부추 등은 토양속의 Ge을 흡수하여 식물체내에 유기 Ge 형태로 존재하는 것으로 알려졌는데 羌活에서도 이에 대한 결과는 더욱 연구를 요한다.

표 7은 기타 무기원소의 함량을 나타낸 것으로, 식물체 중에는 K > Ca > Mg > Zn > Mn > Cu순으로 함량이 높으며, 식물체 부위별로는 K, Ca, Mg은 잎에서 함량이 가장 높았고, K, Ca은 줄기, 뿌리 순으로 높았으나 Mg은 줄기에서 가장 낮은 함량을 나타내었다. Cu, Mn은 잎과 뿌리에서 거의 같은 함량을 나타내었으며 줄기에서 함량이 낮았고, Cu에서는 뿌리에서 함량이 높았고 잎이 줄기보다

Table 7. Effects of $GeO_2$ and citric aicd on content of some mineral elements in root, stem and leaf of *A. koreana*

| Part | $GeO_2$ (mg) | Citric acid (mM) | K | Ca | Mg | Zn | Mn | Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | % | | | ppm | | |
| Leaf | Control | | 3.36 | 1.53 | 0.33 | 213 | 80 | 13 |
| | 200 | 0 | 3.45 | 1.52 | 0.33 | 179 | 84 | 12 |
| | | 1 | 3.46 | 1.68 | 0.35 | 223 | 98 | 13 |
| | | 10 | 3.34 | 1.30 | 0.34 | 205 | 76 | 12 |
| | | 100 | 2.25 | 1.14 | 0.32 | 175 | 60 | 10 |
| | 400 | 0 | 3.37 | 1.41 | 0.33 | 173 | 76 | 11 |
| | | 1 | 3.36 | 1.42 | 0.35 | 212 | 79 | 13 |
| | | 10 | 3.26 | 1.13 | 0.34 | 152 | 67 | 13 |
| | | 100 | 2.70 | 1.09 | 0.30 | 156 | 52 | 11 |
| Stem | Control | | 2.65 | 0.28 | 0.10 | 167 | 28 | 52 |
| | 200 | 0 | 2.74 | 0.28 | 0.08 | 146 | 23 | 30 |
| | | 1 | 2.71 | 0.28 | 0.09 | 157 | 26 | 32 |
| | | 10 | 2.51 | 0.29 | 0.09 | 154 | 24 | 26 |
| | | 100 | 2.21 | 0.24 | 0.08 | 128 | 20 | 23 |
| | 400 | 0 | 2.45 | 0.25 | 0.10 | 143 | 20 | 26 |
| | | 1 | 2.26 | 0.27 | 0.10 | 134 | 23 | 29 |
| | | 10 | 2.12 | 0.25 | 0.09 | 125 | 18 | 27 |
| | | 100 | 2.06 | 0.23 | 0.09 | 111 | 17 | 23 |
| Root | Control | | 2.69 | 0.27 | 0.26 | 217 | 76 | 73 |
| | 200 | 0 | 2.63 | 0.27 | 0.26 | 195 | 62 | 62 |
| | | 1 | 2.71 | 0.28 | 0.24 | 215 | 73 | 66 |
| | | 10 | 2.70 | 0.27 | 0.21 | 203 | 68 | 44 |
| | | 100 | 2.45 | 0.26 | 0.19 | 176 | 53 | 43 |
| | 400 | 0 | 2.32 | 0.22 | 0.20 | 189 | 59 | 48 |
| | | 1 | 2.58 | 0.25 | 0.19 | 191 | 67 | 59 |
| | | 10 | 2.14 | 0.24 | 0.18 | 176 | 58 | 39 |
| | | 100 | 2.13 | 0.24 | 0.18 | 147 | 43 | 34 |

도 낮은 함량을 나타내었다. 무기 $GeO_2$ 시용량 증가로 식물체 중 대부분의 무기 원소들은 함량이 감소되었으나 Mg과 Cu에 있어서 잎과 줄기에서는 큰 차이가 없었다. 구연산 농도별로는 1mM 농도에서 구연산 무시용보다는 대체로 함량이 증가되었으며 10mM농도 이상에서는 오히려 감소되는 경향을 나타내었으나 $GeO_2$ 200㎎과 구연산 1mM 농도와의 혼용처리시에는 식물체중 K, Ca함량은 오히려 대조구 보다도 약간 높은 경향이었다.

## 적 요

강활의 캘러스 및 식물체 중 Ge 함량에 미치는 $GeO_2$와 구연산의 영향을 구명하기 위하여 식물체 부위별로 캘러스를 유도하고 캘러스 증식시 $GeO_2$와 구연산을 농도별로 처리하여 증식율 및 캘러스

의 Ge 함량을 조사하였으며 강활을 pot에 재배하여 $GeO_2$와 구연산을 농도별로 시용하여 식물체 중의 Ge 함량을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 캘러스 유도는 소엽병 〉 엽병 〉 소엽 순으로 잘 되었고, 생장 조절제는 2,4-D 1.0ppm에서 가장 잘되었다.

2. 캘러스 증식에는 2,4-D 농도별로는 2,4-D 2.0ppm에서, 2,4-D 2.0ppm이 첨가된 배지에서 $GeO_2$ 농도별로는 $GeO_2$ 2.5ppm에서 2,4-D 2.0ppm과 $GeO_2$ 2.5ppm 첨가한 배지에서 구연산 농도와 pH별로는 구연산 0.1, 1mM, pH 6에서 캘러스 증식이 가장 좋았다.

3. 캘러스 중 Ge 함량은 $GeO_2$ 시용량이 20ppm까지는 많을수록 높았고, 구연산과 pH 별로는 구연산은 0.1mM, pH는 낮을수록 Ge 함량이 높았다.

4. 식물체 부위별 Ge 함량은 잎 〉 뿌리 〉 줄기 순으로 함량이 높았으며, $GeO_2$ 시용으로 Ge 함량이 높았고, 구연산 시용은 구연산 1mM에서 Ge 含量이 가장 높았고, 10mM 이상에서는 오히려 감소되었다.

5. $GeO_2$ 시용량 증가는 캘러스나 식물체 중 $GeO_2$ 함량을 증가시키나 기타 무기성분 함량은 감소되는 경향이었고 구연산 0.1~1mM 시용으로 약간 증가되는 경향이다.

## 인 용 문 헌


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. 286
2. Goto, H. 1989. 奇蹟と薬草 明日葉. 二見書房. 東京. p. 249
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 硏究. 특히 germanium의 效果에 對하여 圓光大論文集 3 : 49~56
4. 張琦源, 閔庚洙. 1994. 羌活(*Angelica koreana* MAX.) 組織培養을 통한 캘러스誘導와 植物體 再生. 韓國作物學會誌 39(6) : 537~541
5. 정해관. 1991. 게르마늄으로 암을 정복한다. 세일사.
6. 지형준, 김현수. 1993. Angelica속 식물의 정유성분에 관한 연구(Ⅳ) -羌活의 정유성분-. 생약학회지 24(2) : 111~115
7. 金日光, 千賢子, 鄭昇溢, 朴聲雨, 柳在薰. 1993. 네모파 산화전극 벗김 전압전류법을 이용한 게르마늄의 미량분석. 韓化誌 37(11) : 943~950
8. 김선태, 이종욱, 최범석, 이병조. 1988. 수소화물-유도 결합 플라스카 분광법에 의한 인삼중의 게르마늄 정량. 한분지 1(2) : 203~209
9. 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. 圓光大論文集 13 : 21~31
10. _____, 金成朝, 白承和, 南宮承泊. 1995. 明日葉과 日當歸의 Germanium 含量 增大를 위한 基礎硏究. 韓國藥用作物學會誌 3(1) : 45~49
11. _____, 李重浩, 權泰午, 南宮承泊. 1995. 明日葉(神仙草) 및 人蔘의 器內培養을 통한 Germanium 含量 增大. 韓國藥用作物學會誌 3(3) : 251~258
12. 水野 卓, 太田原 紳, 李敬軒. 1988. 薬用 キノコの灰分組成とゲルマニウム含量について. 靜岡大學農學部 硏究報告 38 : 37~46
13. 유병호. 1989. 암을 일으키는 식품, 예방하는 식품. 成均館大 출판부. p. 284~286
14. White, M. C., A. M. Decker, and R. L. Chaney. 1981. Metal complexation in xylem fluid. I. Chemical composition of tomato and soybean stem exudate. Plant Physiology 67 : 292~309
15. 嚴秉憲. 1991. 明日葉(神仙草)의 形態, 幼苗生長 및 化學成分에 대한 基礎的인 硏究. 서울大 碩士學位論文. p. 1~91