

# 금산인삼의 연생 차이에 따른 토양별 무기원소 함량 특성

송석환<sup>1)</sup> · 유선균<sup>2)</sup>

## 1. 서 론

일반적으로 식물체의 조성은 토양의 화학적 성질과 밀접한 관계가 있다. 기존의 많은 연구들은 다양한 토양 내의 식물체의 조성과의 관계에 대해 언급 하고 있다. 이들 대부분의 연구는 중금속과의 관계이고 일부 연구들만이 비호정성 원소와의 관계에 대해 언급 하고 있다(Alina and Henryk, 1985; 김명희 등, 1998, 2000; 민일식 등, 1999).

본 연구는 금산 지역 토양 특성에 따른 인삼내의 비호정성 원소 및 희토류 성분연구이다. 이 원소들은 지구의 맨틀이 용융 될 때 용융 상태나 고체의 광물상 안에 유입된다. 이때 광물 상태 안에 남으려는 원소는 호정성 원소로 불리고, 용융 상태안에 남으려는 원소는 비호정 원소라고 하며 *hygromagmatophile* 라고 분리기도 한다.

비호정 원소는 charge/size 비(ionic potential)로서 구분이 된다. 이 성질은 field strength라 불려지며 양이온의 단위 면적당 electrostatic charge 로서 고려된다. 또한 이것은 한 원소의 ionic potential로 설명되거나 이온 반경에 대한 원자가 비율로서 정량화된다.

즉 ionic potential이 2.0 이상이면 high field strength(HFS)이고, 원자가가 작고 이온 반경이 큰 원소(ionic potential<2.0)는 low field strength (LFS)이다. 이 low field strength (LFS) 양이온은 large ion lithophile elements(LILE)로 불려지기도 한다.

high field strength 양이온에는 희토류 Sc, Y, Th, U, Pb, Zr, Hf, Ti, Nb, Ta가 포함된다. Hf와 Zr 쌍, Nb와 Ta 쌍은 유사한 size와 charge를 가지므로 지화학적으로 유사한 거동을 보인다. Low Field Strength, 즉 LILE에는 Cs, Rb, K, Ba가 포함되고 여기에 Sr 과 2가의 Eu, 3가의 Pb가 포함된다(Mason and Moore, 1992; Rollinson, 1993).

이 희토류 원소(Rare Earth Elements, REE)는 원자번호 57에서 71 까지의 원소로서 Pm을 제외하고 지각 구조의 모든 암석에서 산출 된다. 지구상에서의 이 원소의 빈도는 원자번호가 증가됨에 따라 증가하고 짝수 번호를 갖는 원소들은 홀수 번호를 갖는 다음 원소들에 비해 더욱 높은 원소 빈도를 보인다(Rollinson, 1993). 전 세계적인 연구들은 이 원소를 지표수의 근원 수계의 혼합, 수계와 모암과 상호관계들의 특성을 규명하기 위해 이용하여 왔다.

이런 특성에도 불구하고 인삼과 관련 희토류 원소와의 연구는 거의 연구가 진행 된 바 없다(송석환, 민일식, 1999; 송석환, 민일식, 2003; 송석환 등 2003). 따라서 본 연구는 금산 지역 여러 토양 중 세일, 천매암, 화강암 지역을 선정하여 인삼 및 토양 성분을 채취, 토양 및 인삼의 희토류 원소 성분을 분석 하여 인삼의 연령별, 지역 적 차이를 알아보고 이들과 암석과의 관계도 알아보았다. 본 연구는 고려인삼의 생육 및 우수한 상품적 가치를 제고시키기 위한 기초 자료를 제공하는데 목적이 있다.

---

주요어 : 금산, 토양, 인삼, 비호정 원소, 희토류

1) 중부대학교 환경보건학과 (shsong@mail.joongbu.ac.kr)

2) 중부대학교 한방건강식품학과 (skyoo@mail.joongbu.ac.kr)

## 2. 연구방법

5 회에 걸쳐 지질조사 실시 및 금산 인삼밭의 분포를 조사하고, 대조구로는 유라기 화강암, 대덕리층의 천매암, 창리층의 세일의 3 지역을 선정하여 시료를 채취하였다. 인삼 시료는 2 년, 3 년, 4 년근으로 나누어, 토양별로 10~15개의 뿌리를 채취하였으며 인삼이 채취된 직 하부에서 토양 시료(밭토양)를 채취하였다. 이들과 비교를 위해 인삼 밭 주변, 가장 인접부에서 모암 및 상부 토양 시료를 채취하였다.

채취된 인삼 시료는 실험실에서 증류수로 수회의 세척을 거쳐 이물질을 최대한 제거한 후 5 주간 충분히 기건시켜 대표시료로 하였다. 이 시료는 90<sup>o</sup> C로 건조시켜 파쇄한 후 15 g을 칭량하여 약 30 ton으로 압축시켜 제조한 briquette에 15 분간  $7 \cdot 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 파장으로 빛을 조사하고 7 일 후 부식된 시료를 INAA를 이용하여 분석하였다.

토양시료는 2 에서 15 cm 깊이에서 약 1kg을 채취하여 잘 혼합시킨 후 실험실로 운반, 5 주간 풍건 시킨 후 2 mm 체로 쳐서 대표시료로 하였다. 모암 시료는 토양시료가 채취된 지점의 암석 중 가장 신선한 부분을 대표시료로 하였다.

토양과 모암의 시료는 0.5 g의 시료를 질산(0.6 ml) 과 염산(1.8 ml)을 사용하여 95<sup>o</sup> C에서 반응이 멈출 때까지 약 2 시간 동안 용해시켜 액상으로 만들고 냉각시킨 후 증류수 10 ml를 첨가한 후 Thermo Jerrel Ash Enviro II ICP로 분석하였다(Hoffman, 1997).

## 3. 본 론

연구 지역은 선캠브리아기 또는 초기 고생대로 추측되는 옥천층군, 유라기 화강암, 백악기 화성암류, 제4기 충적층 등으로 구성되어 있다. 이 옥천층군은 하부로부터 마전리층, 창리층, 대덕리층으로 구성 되어 있다(김옥준, 1968; 손치무, 1970; 홍승호와 최위찬, 1978).

연구 결과 풍화토양의 함량(평균)의 경우 비호정 원소 및 LREE는 화강암이, HREE는 천매암이 높았다. 제일 낮은 HREE값이 화강암에서 나타났다.

밭토양의 함량(평균)에서 비호정 원소는 화강암, REE는 천매암이 높았고, 화강암은 대부분의 REE에서 낮은 값을 보였다.

각 지역을 살펴보면 세일 지역에서 비호정 원소의 경우 LFS를 제외한 원소에서 2 년생 토양이 높았고, 4 년생 토양은 LFS만이 높았으며, 그 외 대부분 원소에서 4 년생 토양이 제일 낮은 값을 보였다. 희토류 원소 중 2 년생은 전 원소에서 높았고, 낮은 값이 3 년생은 LREE, 4 년생은 HREE에서 나타났다.

천매암 지역에서 3 년생의 LFS와 HFS는 모두 높은 값을 보였고, 낮은 원소 함량이 4 년생 토양에서 나타났다. REE는 대부분 원소에서 2 년생은 높고, 4 년생은 낮았다.

화강암 지역 원소 중 LFS에서 높은 값이 2 년생의 Rb, 3 년생의 Sr, Ba에서, 낮은 값이 2 년생의 Sr, Ba와 3 년생의 Rb에서 나타났다. HFS는 2 년생이 낮았다. REE의 경우는 4 년생의 LREE를 제외한 대부분 원소에서 3 년생이 높았고 2 년생이 낮았다.

모암(평균)에서 높은 값이 비호정 원소는 천매암 및 화강암이, LREE는 화강암이, HREE는 천매암에서 보였고, 낮은 값이 비호정 원소는 세일이, LREE는 세일이, HREE는 화강암에서 나타났다.

인삼 조성의 경우 대부분 원소 함량에서 연생에 따른 차이가 세일 지역은 분명치 않았으나 천매암 및 화강암 지역은 명확한 차이가 나타났다.

각각을 살펴보면 세일 지역에서 2 년생은 높고 4 년생은 낮았다. 즉 2 년생의 LFS, 희토류 원소, 4 년생의 LFS에서 높았고 3 년생의 HFS, 희토류 원소에서 낮은 값을 보였다. 희토류 원소는 지역별 차이가 두드러져 2 년생은 높고 3 년생은 낮았다.

천매암 지역에서 3 년생은 전 원소에서 낮고 4 년생은 높았다. LFS에서 높은 값이 2 년생의 Sr, 4 년생의 Rb, Ba, 낮은 값이 2 년생의 Rb, 3 년생의 Sr, Ba에서 나타났다. HFS는 4 년생이 높았다. 희토류 원소는 지역별 차이가 두드러졌는데 4 년생은 높고 3 년생은 낮았다.

화강암 지역에서 2 년생의 희토류 원소와 3 년생의 LFS, HFS에서 높았고, 2 년생의 LFS, HFS와 3 년생의 REE에서 낮았다. LFS에서 높은 값이 3 년생의 Rb, Sr, Ba에서 나타났고, 낮은 값이 2 년생의 Rb, Sr, Ba에서 나타났다. HFS에서 4 년생은 높았다. 희토류 원소는 지역별 차이가 두드러졌는데 2 년생은 높고 3 년생은 낮았다.

각 지역 동일 연생별 성분 비교에서 인삼의 연생에 관계없이 화강암이 세일 및 천매암에 비해 높았다. 원소 함량의 비(화강암/세일)에서 연생이 증가함에 따라 1 이상의 값을 갖는 원소수가 증가했다. 특히 이 경향은 희토류 원소의 경우 HREE가 우세하였다. 원소 함량 비(화강암/천매암)에서 연생이 증가함에 따라 1 이상의 값을 갖는 원소수가 감소했다. 특히 이런 경향은 희토류 원소의 경우 HREE에서 우세하였다. 결론적으로 화강암 지역 인삼은 연생에 관계없이 세일 및 천매암 지역에 비해 높았고, 천매암 및 세일의 비교에서 2 년생은 세일이, 4 년생은 천매암이 높았음을 암시한다.

풍화토와 발토양의 비(풍화토/발토양)에서 세일 지역은 Sr, Ba를 제외한 나머지 원소 비가 1 이상 값을 보여 대부분 원소가 발토양에 비해 풍화토에서 높았음을 암시한다. 천매암은 대부분 희토류를 제외한 나머지 원소가, 화강암은 HFS와 HREE를 제외한 나머지 원소가 높은 함량을 보임을 암시한다.

풍화토와 모암의 비(풍화토/모암)에서 지역에 관계없이 대부분 원소가 1 이상을 보여 풍화토가 모암에 비해 높았고 세일의 경우 이런 경향이 우세하였다.

토양과 인삼의 성분과의 관계(발토양/인삼) 시 동일 지역내 연생별 평균값의 비교에서 지역 및 연생에 관계없이 대부분 원소가, 수 십 배에서 수 백 배의 차이를 보여 토양이 인삼보다 월등히 높았음을 보여주고 있다.

동일 지역 연생별 비교에서 세일 토양의 경우 전 지점에서 2 년생은 Rb, Ba, Nb에서 수 십 배, 희토류는 수 십 배에서 수 백 배 차이를 보였다. 3 년생에서 Y, Nb는 수 백 배 이상, Rb, Ba는 수 십 배, Sr은 수 배 차이가 나타났고 희토류 전 원소는 수 백 배의 차이를 보였다. 4 년생에서 Y, Nb는 수 백 배 이상, Rb, Ba는 수 십 배의 차이를 보였고, 희토류 전 원소는 수 백 배에서 수 천 배의 차이를 보였다. 위 결과는 지점에 관계없이 토양이 인삼에 비해 비호정원소의 경우 Y에서 높고, 큰 차이를 보이며, Rb, Ba는 보통 차이를, Sr는 가장 작은 차이를 보임을 의미한다. 희토류 원소의 경우는 수 십 배에서 수 백 배의 차

이를 3 지점 모두에서 보였다.

천매암 토양의 경우 전 지점에서 2 년생은 Nb에서 수 천 배, Y가 수 백 배, Ba는 수 십 배, Sr는 수 배, 희토류 전 원소는 수 백 배의 차이를 보였다. 3 년생에서 Nb는 수 천 배, Y는 수 백 배, Sr, Ba는 수 십 배, 희토류 전 원소는 수 백 배 차이를 보였다. 4 년생에서 Nb는 수 백 배, Ba, Rb는 수 십 배, Sr은 수 배 차이를 보였고, 희토류 원소는 지점에 관계 없이 전 지점이 수 십 배에서 수 백 배의 차이를 보였다. 위 결과는 지점에 관계없이 토양이 인삼에 비해 비호정 원소의 경우 Y, Nb에서 높고, 큰 차이를 보이며, Rb, Ba는 보통 차이를, Sr는 가장 작은 차이를 보임을 의미한다. 희토류의 경우는 공히 수 십 배에서 수 백 배의 차이로 토양이 높음을 암시한다.

화강암 토양의 경우 전 지점에서 2 년생은 Rb가 수 백 배, Y는 수 십 배, Sr은 수 배의 차이를 보였고 희토류는 전 원소가 수 십 배 차이를 보였다. 3 년생에서 Nb는 수 천 배, Rb는 수 십 배, 희토류는 수 십 배에서 수 백 배 차이를 보였다. 4 년생의 Ba에서 수 십 배 차이를 보였고, Tm, Lu를 제외한 희토류 전 원소에서 공히 수 십 배에서 수 백 배 차이를 보였다. 위 결과는 지점에 관계없이 토양이 인삼에 비해 비호정원소의 경우 Rb, Y에서 높고, 큰 차이를 보이며, Sr은 가장 작은 차이를 보임을 의미한다. 희토류의 경우는 공히 수 십 배에서 수 백 배의 차이로 토양이 높음을 암시한다.

연생에 관계없이 전 평균에 대한 지역적 비교에서 일부 비호정성 원소를 제외하고 세 일 및 천매암 지역은 수 백 배의 차이, 화강암 지역은 거의 대부분 원소에서 수 십 배 차이를 보였다. 각각에 대해 토양별로 살펴보면 세일 지역의 경우 Y, Nb, 희토류 전 원소는 수 백 배의 차이, Rb, Sr, Ba는 수 십 배의 차이로 토양이 인삼보다 높았다. 천매암 지역의 경우 Nb는 수 천 배, Y 및 전 희토류 원소는 수 백 배, Rb, Ba는 수 십 배 차이로 토양이 인삼보다 높았다. 희토류 원소 중 HREE가 LREE 보다 높은 차이를 보여 전자가 후자보다 토양과 인삼 사이에 큰 차이를 보임을 암시한다. 화강암 지역의 경우 Tm, Lu를 제외한 나머지 원소와 Rb, Ba, Y는 수 십 배, Sr은 수 배 차이로 토양이 인삼보다 높았다. 이 결과는 화강암 지역의 인삼 원소 함량이 천매암 및 세일 지역에 비해 토양에 가까웠음을 암시한다.

#### 참고 문헌

- Alina, K.-P. and Henryk, P., 1985. Trace Elements in Soils and Plants, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 315 pp.
- Hoffaman, E.L. 1997. Instrumental neutron activation in geoanalysis. J. Geochemical Exploration 44: 297-319.
- Mason, B. and Moore, C. B. 1992. Principles of Geochemistry. John Wiley and Sons, Inc., New York. 375 pp.
- Rollinson, H.R. 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific. Technical., UK, 352 pp.
- 김명희, 민일식, 송석환, 장인수, 1998. 충남 금산 폐탄광 지역의 토양 및 식물체내 알칼리 및 금속원소의 함량. 한국생태학회지 제 21 권 5 호, p. 457-463.

- 김명희, 민일식, 송석환, 장인수, 2000. 충남 사문암 지역 토양 식물체 및 계류의 중금속 오염. 한국환경생태학회지 제 14 권 2 호, p. 119-126.
- 김옥준 1968. 충주, 문경간의 옥천계 층서와 구조. 광산 지질학회지. 제 1 권, p. 35-46.
- 민일식, 송석환, 김명희, 1999. 경상북도 안동 사문암 지역의 모암, 토양 및 식물체의 중금속 함량. 한국 환경생태학회지 제 13 권 3 호, p. 288-294.
- 손치무, 1970. 옥천층군의 지질시대에 대한 토론. 광산지질 제 3 권, p. 3-4.
- 송석환, 민일식, 1999. 금산 추부 고려 인삼내의 비호정원소 함량. 중부대학교 산업기술 연구소. 제 3 권 1 호 p. 95-102.
- 송석환, 민일식, 2003. 금산지역 토양별 인삼내 비호정원소 특성. 고려인삼학회지, 제 28 권 1 호, p. 52-59.
- 송석환, 민일식, 이용규, 2003. 금산인삼의 전이원소 특성. 한국자원식물학회지. 제 16 권 1 호, p. 25-34.
- 홍승호, 최위찬, 1978. 금산도록. 자원개발 연구소. 32 pp.