

금산지역 토양별 인삼내 비호정성 원소 특성

송석환[#] · 민일식^{*}

[#]중부대학교 환경공학과, ^{*}중부대학교 환경임산학과
(2003년 4월 11일 접수, 2004년 12월 28일 수리)

Incompatible Element Characteristics of Ginsengs Growing by Different Soils of the Keumsan

Suckhwan Song[#] and Ell-Sik Min^{*}

[#]Department of the Environmental Engineering, Joongbu University
^{*}Department of the Environment and Forest Product, Joongbu University
(Received April 11, 2003, Accepted December 28, 2004)

Abstract : The ginsengs showing different ages(1, 2 and 3 years) are collected from the granite, phyllite and shale area, Keumsan and are analysed for the incompatible elements with the soils. In the soils, granite areas are high in the most of element and shale areas show high correlations among the element pairs. In the comparisons for differences of ginseng ages within the same area, granite and phyllite areas are high in the 2 year ginsengs while the shale areas are high in the 3 year ginsengs in the most of the elements. Positive correlations are dominant regardless area differences and high correlations are shown in the 3 year ginsengs, indicating the absorptions of the eligible element content with increasing ages. In the comparisons of area for the ginsengs of the same age, Rb, Cs and Ga, in the case of the granite area, are low in the 2 year ginsengs while most of elements are low in the 3 year ginsengs. High element contents are shown in the shale area, which are compared with granite and phyllite areas, indicating differences of dominant minerals. In the comparisons of the parts, upper parts are mainly high. High correlations are shown in the 3 year ginsengs, suggesting the similarities of absorption degrees within root as well as upper parts with the age. In the comparisons between soils and ginsengs, elements except Ba and Sr, are mainly high in the soils.

Key words : Keumsan, Granite, Phyllite, Shale, Ginseng, Incompatible element.

서 론

다양한 토양 조건에서 생육되는 식물체는 모암으로부터 풍화된 토양의 화학적 조성에 의해 직접 영향을 받게 된다. 따라서 하나의 행정지역이라 하더라도 생육되는 인삼들이 다양한 토양 조건 하에 있으면 다양한 토양의 화학적 특성을 반영할 것이고 금산 지역에 생육되는 인삼의 비호정 성분 조성 또한 해당 토양의 특성을 반영하리라 생각된다. 일부 기존의 연구들은 식물체와 토양 조성과의 관계에서 전이원소 그룹들이 높은 관련성을 보이거나 비호정성 원소들은 비교적 복잡한 원소 거동을 지적하고 있다.^{1,2,3)}

비호정성 원소를 포함한 미량 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 hygromatophile 라고 분리기도 한다.⁴⁾

비호정원소는 전하/이온 크기 비(ionic potential)로서 구분 이 된다. 이 성질은 field strength라 불려지며 양이온의 단위 면적당 정전기 전하로서 고려된다. 또한 이것은 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. Low Field Strength (LFS) 양이온은 Large Ion Lithophile Elements(LILE)로 불려지기도 한다. 작은 이온 반경과 비교적 낮은 전하는 호정성을 보이는 경향이 있으며 이런 원소에

[#]본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로
(전화) 041-750-6633; (팩스) 041-752-2404
(E-mail) shsong@mail.joongbu.ac.kr

는 주 원소와 전이 금속이 있다. 유사한 이온전하와 이온 크기를 가진 원소는 유사한 지화학적 거동을 보인다. High Field Strength 양이온에는 희토류와 Th, U, Pb, Zr, Hf, Ti, Nb, Ta 가 포함된다. 즉 Hf와 Zr, Nb와 Ta는 유사한 이온 크기와 전하를 가지므로 지화학적으로 유사한 거동을 보인다. Low Field Strength 이온에는 Cs, Rb, K, Ba가 있고 여기에 Sr 과 2가의 Eu, 3가의 Pb가 포함된다⁴⁾.

인삼은 잘 알려진 바와 같이 고구려 시대 이래로부터 사용된 오래된 생약재 중의 하나이다.⁵⁾ 현재는 전 세계적으로 생약재로서 뿐만 아니라 건강식품으로서도 각광을 받아 널리 이용되고 있다. 이런 명성에 걸맞게 인삼의 효능 및 성분에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있으며 무기 원소의 경우도 다수 연구자들에 의해 진행된 바 있다.

이 등⁶⁾은 6년생 인삼의 경우 적변 발생율의 비율이 높을수록 동체의 각 부위별에서 Na, Fe 함량이 높았음을 지적하고 있고 이 등⁷⁾은 3년생 인삼의 경우 결주율은 묘상에 함유되어 있는 질소량과 부의 상관관계가 있으며 카리 및 칼슘함량과 정의 상관관계가 있고 6년생 인삼의 경우 결주율은 K₂O, Ca, Mg 양과 정의 상관관계가 있음을 지적하고 있다. 이 등⁸⁾은 지상부 지하부에 관계없이 N-Mg, Ca-Mg K-Zn, Ca-Zn, Ca-B 사이에서도 고도의 유의성을 갖고 정의 상관관계를 보였으며 토양 중 Ca의 함량이 많을수록 Zn과 B사이에서는 유효도가 감소했음을 지적했다.

송 등⁹⁾은 금산지역 화강암 및 천매암 지역 인삼의 비호정

성 원소의 경우 연생별로 상하부의 차이가 두드러지며 인삼/토양과의 관계에서 일부 비호정성 원소를 제외한 대부분 비호정 원소가 토양의 특성을 반영하여 인삼의 연생이 증가함에 따라 생육시 필요한 만큼의 성분을 흡수함을 지적하고 있다.

하지만 이런 많은 무기원소 함량 연구들은 전이원소 및 일부 알칼리원소에 한정되어 있고 비호정 원소에 대한 언급은 거의 존재하지 않는다. 특히 비호정 원소와 관련해서 금산지역 내 토양의 차이에 따른 인삼의 연생별, 부위별 성분차이에 대한 연구 및 토양의 화학 조성이 인삼의 성분과 어떤 관계가 있는지에 대한 연구는 매우 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 금산지역 여러 토양 중 화강암, 천매암, 세일지역을 선정하였으며 각 대조구 지역으로부터 인삼을 연생별로 채취하여 토양과 함께 성분 차이를 분석하였다. 이를 근거로 대표적인 3토양과 이들 지역에서 생육되는 인삼의 화학적 특성을 규명하고 토양과 인삼 조성과의 연관성을 보고자 한다. 또한 금산 인삼내의 비호정 원소의 특성을 연생별, 부위별로 고려함으로써 금산 인삼의 실제적인 성분 차이를 이해하는데 도움을 주고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구 지역은 변성퇴적암류인 옥천누층군을 기반암과 이를 관입하는 백악기 및 쥐라기의 화성암류로 구성되어 있다 (Fig. 1). 옥천누층군은 하부로부터 마전리층, 창리층, 문주리

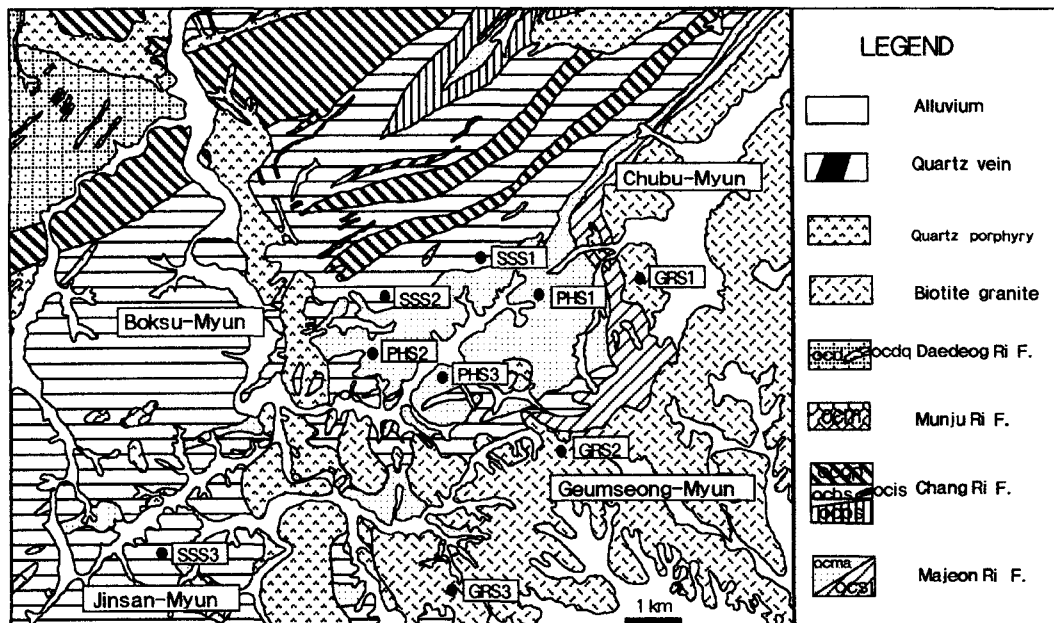


Fig. 1. Geological map and sample localities. ocma for limestone and phyllite, ocis for limesilicate, ocgp for green phyllite, ocbs for black slate, ocis for limestone, for phyllitic schist, ocd for green phyllite, ocdg for quartzite, ocm for quartz schist and sandy phyllite. Abbreviations: GRS for Granite area, PHS for Phyllite area and SSS for Shale area.

층, 대덕리층으로 구성되며 탄층이 창리층의 흑색 셰일내에 2매 또는 3매 협재되어 나타난다.^{10,11,12)}

마전리층은 방해석과 소량의 백운모, 석영, 탄질물을 함유하는 결정질 석회암과, 흑운모, 백운모, 석영, 장석 등을 갖는 석회질 점판암으로 구성되어 있다. 창리층은 하부와 상부로 구분되는데 하부는 흑색, 암회색, 암갈색의 편암 및 천매암, 천매암질 점판암, 흑색 셰일, 탄층 및 석회암 박층으로 구성되어 있고 상부는 녹색 내지 담녹색의 천매암 및 편암으로 구성되어 있는 층과 결정질 석회암이 협재되어 있는 층으로 구성되어 있다. 하부의 천매암 내지 점판암은 주로 석영, 장석, 흑운모를 포함하며 상부의 천매암 및 편암은 주로 석영, 백운모, 흑운모, 녹니석, 흑연 등을 포함한다.

문주리층은 녹색천매암이 주 구성 암석이고 규암의 박층이 협재되어 있다. 이 천매암은 녹니석을 주로 포함하며 석영, 녹니석, 백운모 등으로 구성되어 있고 녹염석, 황철석, 견운모, 저어콘 등을 포함하기도 한다. 대덕리층은 규암을 다수 협재하는 사질의 녹회색 천매암으로 구성되어 있다. 이 천매암은 주로 석영, 흑운모를 포함하며 부수적으로 각섬석, 장석류, 황철석, 녹니석, 견운모 등을 함유한다. 한편 규암은 주로 모자이크 및 봉합상조직을 보이는 석영을 포함하며 부수적으로 백운모, 견운모 등을 함유한다.

쥬라기 흑운모 화강암은 석영, 사장석, 미사장석, 흑운모를 포함하며 부수적으로 백운모, 저어콘, 불투명광물 등을 함유한다. 백악기 석영반암은 석영, 미사장석, 사장석, 정장석을 포함하며 백운모 및 불투명광물을 부수적으로 갖는다. 그 외에 다수의 염기성 및 산성 맥암류가 연구 지역을 도처에서 관입하고 있다.

2. 시료 채취 및 분석

2001년 8월부터 2001년 12월까지 15회에 걸쳐 지질조사 실시 및 금산 인삼밭 분포를 조사하였다. 대조구로는 쥬라기 화강암, 대덕리층의 천매암, 창리층의 셰일, 3지역을 선정하였고, 인삼 시료는 1년, 2년, 3년생으로 분류하여 토양별로 10~15개의 뿌리를 채취하였으며 인삼을 채취한 부위에서 토양 시료(밭토양)를 채취하였다. 하지만 1년생 인삼은 시료가 충분하지 못하여 화강암 및 천매암 지역에서만 시료를 채취하였다.

경하에서 토양 시료는 두드러진 특성 차이를 나타냈는데 특히 화강암 지역은 장석류가 두드러졌고, 셰일지역은 탄질물 및 유화 광물이 우세하였다. 각각을 살펴보면 화강암 지역은 석영, 사장석, 미사장석, 흑운모 및 불투명 광물과 이들의 풍화 산물인 점토광물을 포함하고, 천매암 지역은 흑운모, 백운모, 석영, 사장석, 정장석, 녹니석, 방해석 및 불투명광물로 구성 되

어 있다. 셰일 지역은 탄질물, 흑운모, 각섬석, 녹니석, 흑연, 각섬석 및 불투명광물과 황철석과 황동석 등의 유화광물을 포함하였다.

채취된 인삼 시료는 실험실에서 증류수로 수희의 세척을 거쳐 이물질들을 최대한 제거한 후 5주간 충분히 건조시켜 지상부(잎과 줄기)와 지하부(뿌리)로 분리하여 대표시료로 하였다. 분석 방법은 시료를 90°C로 건조시켜 과쇄한 후 15g을 칭량하여 약 30 ton으로 압축시켜 제조한 briquette에 15분간 $7 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 과장으로 빛을 조사하고 7일 후 부식된 시료를 INAA(Instrumental neutron activation analysis)를 이용하여 Canada ACTLABs에서 분석하였다.¹³⁾

상부토양은 2에서 15cm 깊이에서 약 1kg을 채취하여 잘 혼합시킨 후 실험실로 운반, 5주간 풍건 시킨 후 2mm 체로 쳐서 대표시료로 하였다. 분석방법은 0.5g의 시료를 질산(0.6 ml) 과 염산(1.8 ml)을 사용하여 95°C에서 반응이 멈출 때까지 약 2시간 동안 용해시켜 액상으로 만들고 냉각시킨 후 증류수 10 ml를 첨가한 후 ICP(Thermo Jerrel Ash Enviro II, UK)를 이용하여 Canada ACTLABs에서 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 토양의 화학적 성분

원소의 함량에서 화강암지역은 Rb(190 ppm), Sr(124 ppm), Ga(31.7 ppm), Zr(349 ppm), Nb(11.8 ppm), Hf(10.2 ppm), Ta(1.9 ppm)와 같은 대부분 원소에서 높았고, Ba(564 ppm), Cs(6.31 ppm), Y(21.7 ppm)은 낮았다(Table 1). 이들 원소 중 화강암 지역내의 높은 Rb 함량은 독자적인 광물을 구성하지 않고 항상 칼륨과 치환하며 흑운모, 백운모, 알칼리 장석에 농집되는 특성 때문으로 생각되고 Sr의 함량은 칼슘 및 칼륨을 포함하는 사장석·알칼리 장석의 존재로 설명이 가능하다.¹⁴⁾

하지만 Zr, Nb, Ta 등의 원소는 일반적인 조암 광물에 농축되지 않고 저어콘에 주로 농집되거나 마그마 분화 말기의 암석인 산성암에 농집되는데 이는 화강암내의 높은 원소 함량과 일치한다. 또한 Ba의 경우는 천매암 및 셰일 지역에서 높은 원소함량을 보였는데 이는 천매암 및 셰일내에 높은 흑운모 및 알칼리 장석, 각섬석, 인회석의 존재와 관련이 있는 듯하다.¹⁴⁾

상관관계에서 셰일은 대부분 원소에서 높은 치환관계를 보이는 반면 화강암은 가장 낮은 치환관계를 보였다(Tables 2, 3, 4). 셰일의 경우 특히 Ba, Rb, Sr, Cs, Ga는 Zr, Nb, Hf, Ta와 부의 상관관계를 보였고, Rb, Ba, Sr, Cs, Ga, Y

Table 1. Concentrations of incompatible elements at different ginseng field and age in soils of Keumsan (unit : ppm)

Soil Type	Plant Age	Ba	Rb	Sr	Cs	Ga	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
GR	1	631	192	156	5.11	33.5	15.9	443	11.1	13.3	1.8
GR	2	507	163	82	6.89	25.4	23.4	364	13.4	10.0	1.8
GR	3	555	215	133	6.94	36.3	22.1	2s40	10.9	7.4	2.0
	Avg.	564	190	124	6.31	31.7	21.7	349	11.8	10.2	1.9
PH	1	735	123	85	8.40	19.0	33.9	234	11.8	6.3	1.4
PH	2	563	103	63	7.61	21.1	24.3	154	10.1	4.1	1.2
PH	3	599	105	82	9.61	19.1	27.8	173	10.7	4.8	1.3
	Avg.	632	110	77	8.54	19.7	28.7	187	10.9	5.1	1.3
SS	1	653	104	80	6.71	19.5	25.2	190	10.9	5.1	1.3
SS	2	602	93	52	5.55	16.8	21.9	239	12.3	6.2	1.4
SS	3	1140	117	120	7.00	22.0	56.8	123	10.2	3.5	1.2
	Avg.	798	105	84	6.42	19.4	34.6	184	11.1	4.9	1.3

Soil type: GR; granite area, PH; phyllite area and SS; shale area.

Table 2. Correlation coefficient of the incompatible elements at granite area in soils of the Keumsan

	Ba	Rb	Sr	Cs	Ga	Y	Zr	Nb	Hf
Rb	0.446								
Sr	0.941	0.722							
Cs	-0.912	-0.040	-0.721						
Ga	0.617	0.979	0.846	-0.241					
Y	-0.973	-0.226	-0.838	0.982	-0.418				
Zr	0.498	-0.554	0.176	-0.810	-0.375	-0.685			
Nb	-0.745	-0.929	-0.927	0.407	-0.985	0.571	0.207		
Hf	0.658	-0.381	0.365	-0.909	-0.187	-0.814	0.981	0.012	
Ta	-0.125	0.832	0.217	0.521	0.704	0.351	0.923	-0.568	-0.830

Table 3. Correlation coefficient of the incompatible elements at phyllite area in soils of the Keumsan

	Ba	Rb	Sr	Cs	Ga	Y	Zr	Nb	Hf
Rb	0.996								
Sr	0.757	0.696							
Cs	0.078	-0.010	0.711						
Ga	-0.710	-0.645	-0.998	-0.758					
Y	0.985	0.966	0.857	0.248	-0.820				
Zr	0.999	0.993	0.777	0.110	-0.732	0.990			
Nb	0.991	0.976	0.836	0.209	-0.797	0.999	0.995		
Hf	0.993	0.979	0.828	0.195	-0.788	0.999	0.996	0.999	
Ta	0.948	0.916	0.926	0.392	-0.898	0.988	0.958	0.982	0.979

Table 4. Correlation coefficient of the incompatible elements at shale area in soils of the Keumsan

	Ba	Rb	Sr	Cs	Ga	Y	Zr	Nb	Hf
Rb	0.917								
Sr	0.944	0.997							
Cs	0.717	0.936	0.907						
Ga	0.891	0.998	0.991	0.955					
Y	0.999	0.917	0.944	0.717	0.891				
Zr	-0.937	-0.998	-0.999	-0.914	-0.993	-0.938			
Nb	-0.795	-0.971	-0.951	-0.993	-0.984	-0.795	0.956		
Hf	-0.946	-0.997	-0.999	-0.905	-0.990	-0.946	0.999	0.949	
Ta	-0.906	-0.999	-0.995	-0.945	-0.999	-0.906	0.997	0.977	0.994

Table 5. Composition(Avg.) of ginseng plants from the Keumsan area

(unit: ppm)

Soil Type	Plant Age	Ba	Rb	Sr	Cs	Ga	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
GR	2	754	108.9	770	0.460	1.2	10.40	0.85	0.194	0.045	0.006
GR	3	1748	115.3	1017	0.646	0.7	3.83	0.60	0.124	0.025	0.005
PH	2	949	120.3	713	1.194	1.3	2.87	1.20	0.188	0.035	0.003
PH	3	2075	50.1	851	0.915	1.0	2.93	0.95	0.136	0.030	0.004
SS	2	753	194.9	849	1.545	1.9	12.77	2.00	0.281	0.085	0.010
SS	3	4140	468.6	1087	7.525	1.5	29.20	1.50	0.333	0.095	0.017

Soil type: GR; granite area, PH; phyllite area and SS; shale area.

와는 정의 상관관계를 보였다. 이 천매암 및 세일의 높은 치환 관계는 HFS (High Field Strength Elements) 부류인 Zr, Nd, Hf, Ta와 LFS (Low Field Strength Elements) 부류인 Ba, Rb, Sr, Cs 부류의 두 그룹 사이의 다른 이온 반경차이와 원자가에 따른 광물내의 치환 관계 차이 때문⁴⁾으로 생각된다. 즉 천매암 및 세일의 경우에 토양내 HFS 의 거동은 각섬석, 인회석과 같은 광물의 관계이고 LFS 는 장석 및 운모류의 관계로 설명이 가능하다. 한편 화강암 지역의 낮은 상관관계는 암석내에 포함되어 있는 광물, 즉 장석, 운모류 및 2 차적인 점토광물들내의 복잡한 원소 치환관계 때문으로 생각된다.

2. 인삼의 화학적 성분

(1) 같은 지역내 인삼의 연생별 비교

모양지역에 따른 인삼의 연생별 비교에서 비호정성 원소의 대부분이 화강암 및 천매암 지역은 2년생이, 세일 지역은 3년생이 높게 나타났다(Table 5). 2년생이 3년생에 비해 화강암 지역은 Ba(754 ppm), Rb(109 ppm), Sr(770 ppm), Cs(0.460 ppm) 원소에서 낮았고, 천매암 지역은 Ba(947 ppm), Sr(713 ppm), Y(2.89 ppm), Ta(0.003 ppm) 원소에서 낮았다. 하지만 세일 지역은 3년생이 2년생에 비해 Ga(1.5 ppm), Zr(1.5 ppm) 에서 낮은 함량을 보였다.

기존의 화강암 및 천매암 지역 인삼에 대한 연구⁹⁾에서는 화강암 지역 회토류 원소 대부분이 2년생에 비해 4년생에서 높았으며, 천매암 지역은 Sr, Ba, Rb, Th, U에서 2년생이, 회토류 원소 거의 대부분은 4년생이 높았다.

상관관계에서 대부분 원소들은 정의 상관관계를 보였고 연생에 관계없이 Rb-Sr, Cs, Ga, Zr, Nb, Hf, Ta, Sr-Ga, Y, Nb, Hf, Ta, Cs-Ga, Zr, Nb, Hf, Ga-Zr, Nb, Hf, Ta, Y-Nb, Hf, Ta, Zr-Nb, Hf, Ta, Nb-Hf, Ta, Hf-Ta는 정의 상관관계를 보였다(Table 8). 이런 경향은 2년생에 비해 3년생이 우세하였다. 이는 지역에 관계없이 인삼의 연생이 증가함에 따라 지역에 따라 일정량의 원소들을 흡수하기 때문으로

생각된다.

(2) 동일 연생 인삼의 지역적 비교

일반적으로 2년생의 경우 Rb, Cs, Ga는 화강암 지역이 가장 낮은 원소 함량을 보였고, 세일과 천매암 지역의 비교에서 세일 지역이 높은 원소함량을 보였다. Sr, Y, Nb, Hf, Ta는 천매암 지역이 제일 낮은 원소함량을, 세일 지역이 가장 높은 함량을 보였다. Ba는 천매암 지역에서 제일 높은 원소함량을 보였다(Table 5).

3년생의 경우 Ba, Cs, Ga, Zr, Nb, Hf를 포함한 대부분 원소에서 화강암 지역이 천매암 및 세일 지역에 비해 낮은 함량을 보였고, 이를 원소들의 비교에서 세일이 천매암에 비해 높은 원소함량을 보였다. Rb, Sr, Y, Ta는 천매암 지역이 제일 낮은 원소함량을 보였고 세일이 가장 높은 원소함량을 보였다(Table 5).

기존의 화강암 및 천매암지역 인삼에 대한 연구⁹⁾에서는 2년생의 경우 Sr, Th, U, Hf와 회토류 원소에서 화강암 지역이 1-4배 높았고, 4년생의 경우는 Sr, Ba, Rb, Th, U와 회토류 원소에서 화강암지역이 1-3.5배 높았다.

(3) 지상부와 뿌리 부분의 비교

대부분 원소가 상부에서 높은 원소 함량을 보였는데 이런 경향은 화강암 지역보다는 천매암 및 세일 지역에서 우세하였다(Tables 6, 7). 2년생의 경우 화강암 지역은 Ba, Rb, Cs, Nb, Ta에서, 천매암은 Rb가, 세일은 Ba, Rb, Cs, Nb, Ta에서 뿌리가 높았다. 3년생의 경우 뿌리에서 화강암 지역은 Rb, Cs, Ga, Nb, Ta에서, 천매암은 Rb, Cs, Nb에서, 세일은 Rb, Cs에서 높은 원소 함량을 보였다. 이들 원소 중 Rb, Ba 원소의 복잡한 거동은 이들 원소가 갖고 있는 다양한 원소와의 치환 특성 때문으로 생각되고, Y, Zr, Nb, Hf 등의 원소가 뿌리에서 낮은 원소 함량을 보이는 것은 이들 원소들이 쉽게 자연환경 변화에서 거동하지 않는 특성 탓으로 생각된다.

기존의 화강암 및 천매암지역 인삼에 대한 2년과 4년생의 비교 연구⁹⁾에서는 2년생에서 화강암 지역은 Ba, Rb, Th, U,

Table 6. Composition of upper parts of ginseng plant from the Keumsan area (unit: ppm)

Soil Type	Plant Age	Ba	Rb	Sr	Cs	Ga	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
GR	1	2730	20.2	1020	0.614	1.5	4.46	1.4	0.255	0.05	0.007
GR	2	147	5.8	1150	0.423	1.3	14.90	1.0	0.165	0.05	0.004
GR	3	2500	15.6	1490	0.585	0.6	4.85	0.6	0.089	0.03	0.002
PH	1	1520	31.6	769	2.230	3.0	7.02	2.7	0.646	0.10	0.005
PH	2	1300	12.5	1040	1.420	1.9	4.33	1.9	0.248	0.06	0.004
PH	3	2600	11.5	1280	0.720	1.3	3.84	1.3	0.133	0.04	0.005
SS	2	206	20.9	1350	1.970	2.7	18.80	3.0	0.332	0.12	0.010
SS	3	5630	85.2	1590	2.550	2.1	29.90	2.2	0.351	0.12	0.017

Soil type: GR; granite area, PH; phyllite area and SS; shale area.

Table 7. Composition of root parts of ginseng plant from the Keumsan area (unit: ppm)

Soil Type	Plant Age	Ba	Rb	Sr	Cs	Ga	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
GR	2	1360	212	389	0.496	1.0	5.94	0.7	0.223	0.04	0.007
GR	3	995	215	544	0.707	0.7	2.80	0.5	0.158	0.02	0.007
PH	2	598	228	386	0.967	0.7	1.40	0.5	0.128	0.01	0.001
PH	3	1550	89	422	1.110	0.7	2.01	0.6	0.139	0.02	0.003
SS	2	1300	369	348	1.120	1.1	6.74	1.0	0.229	0.05	0.010
SS	3	2650	852	584	12.500	0.9	28.50	0.8	0.315	0.07	0.016

Soil type: GR; granite area, PH; phyllite area and SS; shale area.

Table 8. Correlation coefficient of the incompatible element(Avg.) for the ginseng plant.

		2 Year									
		Ba	Rb	Sr	Cs	Ga	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
3 Year	Ba		-0.393	-0.815	0.198	-0.329	-0.974	-0.223	-0.551	-0.657	-0.847
	Rb	0.963		0.854	0.824	0.998	0.590	0.984	0.984	0.952	0.821
	Sr	0.637	0.820		0.407	0.816	0.924	0.747	0.933	0.972	0.998
	Cs	0.996	0.984	0.705		0.860	0.028	0.912	0.709	0.610	0.353
	Ga	0.957	0.843	0.384	0.926		0.533	0.994	0.969	0.929	0.781
	Y	0.988	0.993	0.749	0.998	0.900		0.436	0.724	0.809	0.945
	Zr	0.943	0.819	0.344	0.908	0.999	0.880		0.936	0.882	0.706
	Nb	0.997	0.981	0.693	0.999	0.932	0.997	0.915		0.991	0.910
	Hf	0.998	0.978	0.683	0.999	0.937	0.996	0.920	0.999		0.957
	Ta	0.987	0.994	0.753	0.998	0.897	0.999	0.877	0.999	0.995	

Hf를 포함한 비호정원소와 REE 모든 원소에서 상부가 낮았고, 천매암 지역은 이들 원소 모두가 상부에서 높았다. 한편 4년생의 경우 두 지역 모두 이들 원소가 하부에서 높았다. 송등⁹⁾은 이를 인삼이 성장함에 따라 토양의 특성에 관계없이 원하는 만큼의 성분을 흡수하기 때문으로 생각된다고 해석하였다.

상관관계에서 3년생이 2년생에 비해 더욱 많은 원소에서 높은 상관관계를 보였다(Tables 9, 10). 이는 연령이 증가함에 따라 이들 원소의 상부 및 뿌리의 흡수정도가 같아지기

때문일 것이다. 또한 2년생의 경우 상부와 하부 모두 Rb-Cs, Zn, Ta, Ga-Zr, Nb, Hf, Ta, Y-Hf, Ta, Zr-Nb, Hf, Ta, Nb-Hf, Ta, Hf-Ta 쌍에서 정의 상관관계를 보였다. 3년생의 경우는 뿌리의 Ba-Sr, Sr-Zr 원소 쌍, 상부의 Sr-Ga, Zr 원소 쌍을 제외한 모든 원소 쌍에서 정의 상관관계를 보였다.

(4) 토양과 인삼 평균치와의 비교

일반적으로 2년생 및 3년생에 관계없이 Ba, Sr 원소는 대부분 지역에서 인삼이 높았고, 그 외 원소는 토양에서 높았다. 하지만 Rb의 경우 화강암의 2년생과 3년생에 관계없이 토양에

Table 9. Correlation coefficient of the incompatible elements for 3 year old ginseng plant

		Upper part									
		Ba	Rb	Sr	Cs	Ga	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
Root part	Ba		0.997	0.729	0.999	0.897	0.998	0.912	0.992	0.997	0.987
	Rb	0.882		0.780	0.994	0.861	0.999	0.877	0.979	0.989	0.971
	Sr	0.414	0.794		0.706	0.352	0.770	0.384	0.635	0.677	0.609
	Cs	0.954	0.983	0.669		0.912	0.995	0.925	0.995	0.999	0.991
	Ga	0.944	0.988	0.691	0.999		0.868	0.999	0.947	0.927	0.954
	Y	0.935	0.991	0.710	0.998	0.999		0.884	0.982	0.991	0.975
	Zr	0.982	0.779	0.237	0.881	0.866	0.853		0.957	0.939	0.966
	Nb	0.907	0.998	0.759	0.992	0.995	0.997	0.813		0.998	0.999
	Hf	0.944	0.988	0.691	0.999	0.999	0.999	0.866	0.995		0.996
	Ta	0.802	0.989	0.876	0.944	0.954	0.961	0.676	0.979	0.954	

Table 10. Correlation coefficient of the incompatible elements for 2 year old ginseng plant

		Upper part									
		Ba	Rb	Sr	Cs	Ga	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
Root part	Ba		-0.019	-0.742	0.209	-0.039	-0.953	-0.0125	0.042	-0.339	-0.460
	Rb	0.352		0.685	0.974	0.999	0.3223	0.9995	0.998	0.9479	0.897
	Sr	-0.378	-0.999		0.501	0.698	0.911	0.680	0.639	0.8829	0.937
	Cs	-0.350	0.754	-0.736		0.970	0.098	0.975	0.986	0.8499	0.772
	Ga	0.951	0.624	-0.645	-0.044		0.339	0.999	0.997	0.953	0.904
	Y	0.978	0.540	-0.562	-0.146	0.995		0.316	0.264	0.609	0.708
	Zr	0.759	0.877	-0.890	0.345	0.923	0.878		0.999	0.945	0.893
	Nb	0.992	0.465	-0.489	-0.232	0.982	0.996	0.833		0.926	0.868
	Hf	0.951	0.624	-0.645	-0.044	0.999	0.995	0.923	0.982		0.991
	Ta	0.919	0.692	-0.711	0.047	0.996	0.9815	0.954	0.961	0.996	

서 높았다. 또한 두드러진 인삼과 토양과의 원소함량 차이가 Zr과 Nb에서 나타났다.

요 약

충남 금산군 지역에 분포하는 세 토양인 화강암, 천매암, 세일 지역을 선정하여 토양 시료와 함께 1년, 2년, 3년생의 인삼 시료를 채취하여 비호정 원소를 분석하였다. 토양의 경우 화강암 지역이 대부분 원소에서 높았으며 원소 쌍들과의 관계에서 세일이 가장 높은 상관관계를 보였다. 동일 토양내 인삼 연령별 비교에서 원소 대부분이 화강암 및 천매암 지역은 2년생이, 세일 지역은 3년생이 높게 나타났다. 원소쌍에서 전 지역이 정의 상관관계가 우세하였고 2년생에 비해 3년생에서 우세하였는데 이는 지역에 관계없이 인삼의 연령이 증가함에 일정량의 원소를 흡수하기 때문으로 생각된다. 동일 연생 인삼의 지역적 비교에서 화강암 지역은 2년생의 경우 Rb, Cs, Ga가 낮았고, 3년생은 대부분 원소가 낮았으며, 세일 지역은 대부분 원소에서 높은 함량을 보였는데 이는 토양 내의 광물 특성으로 해석된다. 인삼의 부위별 비교에서 원소

대부분이 지상부가 높은 함량을 보였고 2년생에 비해 3년생이 높은 상관관계를 보였는데 이는 연령이 증가함에 따라 이들 원소들의 상부 및 뿌리 내 흡수정도가 거의 같아지기 때문이라고 생각된다. 토양과 인삼 평균치와의 비교에서 Ba, Sr의 원소가 토양에서 높았다.

인용문헌

1. 김명희, 민일식, 송석환, 장인수.: 충남 금산 폐탄광 지역의 토양 및 식물체내 알칼리 및 금속원소의 함량. *한국생태학회지* **21**(5), 457-463 (1998).
2. 김명희, 민일식, 송석환, 장인수.: 충남 사문암 지역 토양 식물체 및 계류의 중금속 오염. *한국환경생태학회지* **14**(2), 119-126 (2000).
3. 민일식, 송석환, 김명희.: 경상북도 안동 사문암 지역의 모암, 토양 및 식물체의 중금속 함량. *한국 환경생태학회지* **13**(3), 288-294 (1999).
4. Rollinson, H. R.: Using geochemical data; Evolution, Presentation and Interpretation. *Longman Scientific & Technical, New York*. p. 352 (1993).
5. 한국인삼경작조합연합회.: *한국인삼사* **26** (1980).

6. 이태수, 육성균, 천성기, 최강주, 최정.: 적변인삼의 화학적 성분에 관한 연구. *고려인삼학회지* **19**(1), 77-83 (1995).
7. 이종철, 안대진, 변정수, 조재성.: 묘삼의 생육특성 및 무기성분과 인삼과의 관계. *고려인삼학회지* **22**(4), 294-298 (1998).
8. 이종화, 심상철, 박훈, 한강완.: 고려인삼의 부위별 무기성분 분포 및 상관관계. *고려인삼학회지* **4**(1), 55-64 (1980).
9. 송석환, 민일식.: 금산 추부 고려인삼내의 비호정성원소 함량. *충부대학교 산업기술연구소* **3**(1) 95-102 (2001).
10. 김옥준.: 충주, 문경간의 옥천계 층서와 구조. *광산 지질학회지* **1**, 35-46 (1968).
11. 손치무.: 옥천층군의 지질시대에 대한 토론. *광산지질* **3**, 3-4 (1970).
12. 홍승호, 최위찬.: 금산도폭. *자원개발 연구소* p. 32 (1978).
13. Hoffman, E. L. : Instrumental neutron activation in geoanalysis. *J. Geochemical Exploration* **44**, 297-319 (1997).
14. Mason, B. and Moore, C. B. : Principles of Geochemistry. *John Wiley and Sons, Inc., New York.* p. 375 (1992).