

금산 지역 인삼의 비호정성 원소 함량 특성

송석환[#] · 유선균* · 민일식**

[#]중부대학교 환경보건학과, *중부대학교 한방건강식품과, **중부대학교 산림자원학과
(2006년 6월 7일 접수; 2006년 9월 22일 수리)

Characteristics of the Incompatible Element Contents of the Ginsengs from Keumsan

Suckhwan Song[#], Sun-Kyun Yoo* and Ell-Sik Min**

[#]Dept. of the Environmental Health, Joongbu Univ., Keumsan, 312-940

*Dept. of Oriental Medicine and Food Biotechnology, Joongbu Univ., Keumsan, 312-940

**Dept. of Forest Resources, Joongbu Univ., Keumsan, 312-940

(Received June 7, 2006; Accepted September 22, 2006)

Abstracts : This study is for chemical relationships between ginsengs(2, 3 and 4 yr) and soils from three representative soil types of Keumsan, shale(SL), phyllite(PH) and granite(GR). In the weathered soils, the GR is mainly high. Positive relationships are dominant, and negative correlations are shown in the Y-Nb and Nb-Ta pairs. In the field soils, the GR is high while the SL is low. Regardless of the localities, available correlation relationships are dominant in the GR, and dominant in the 3 year area. In the host rocks, high element contents are shown in the GR. Positive relationships, regardless of the localities, are shown in the Zr-Hf, Ta, Nb-Ta and Hf-Ta pairs. In the ginsengs, chemical contents are distinctive with the different ages. Positive relationships are shown in the Y-Nb pair of the SL, Rb-Y pair of the PH, and Rb-Sr pair of the GR. Relative ratios(GR/SL and GR/PH) of the ginsengs suggest that ginsengs from the GR are higher than those of SL and PH while in the comparisons between PH and SL, 2 year ginsengs are high in the SL and 4 year ginsengs are high in the PH. Relative ratios between weathered and field soils (weathered/field) suggest high element contents in the weathered soils from the SL and PH and in the relative ratios(weathered soil/host rock), high element contents in weathered soils. Relative ratios between field soils and ginsengs(field soil/ginseng), regardless of the ages, show several ten and hundred times, suggestive of high contents in the soils. Comparisons with the overall average contents of each area show differences of several ten to hundred times in the SL and PH, and of several to ten times in the GR. These relationships suggest that contents of the ginsengs from the GR are more similar to the soils relative to those of SL and PH.

Key words: Ginseng, Incompatible Element Contents, Soil, Keumsan

서 론

한방 산업 분야의 대표적인 부분이 인삼 산업이라는 것에는 이의가 없을 듯하다^{1,2,3,4}. 따라서 해방 이후 많은 연구들이 인삼의 유기 성분 및 효능^{5,6,7,8}에 대해 진행되어 왔고, 인삼과 토양의 수분함량과의 관계⁹, 토양별 생육양과 수량의 특성¹⁰, 토성별, 지형별 인삼의 재배 차이¹¹, 인삼 부위별 무기성분의 함량¹², 인삼의 화학성분, 무기성분과 토양과의 관

계¹³, 미국삼과 고려인삼의 비교¹⁴ 등의 다양한 연구도 진행 된 바 있다.

비록 제한적이기는 하나 금산 지역의 경우도 다양한 연구가 진행 된 바^{15,16,17}있는데, 이들 연구들은 공히 인삼의 조성이 토양의 화학조성에 의해 영향을 받아, 토양별로 인삼 조성이 차이가 있음을 지적하고 있다. 즉 금산 지역의 경우도 다양한 토양이 존재하는 바 이들 토양 내에서 재배되는 인삼 또한 서로 다른 화학 조성을 보임을 암시한다.

한편 중국의 의학 환경 지구 화학 연구들은 2000 여 년 전부터 지질환경과 건강에 대해 많은 연구 들을 진행해 왔다¹⁸. 이들 연구들은 토양내의 존재한 무기원소들이 지하수 및 식

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

물체의 이화학적 특성에 영향을 주어 최종적으로는 인간의 다양한 질병의 원인이 됨을 지시하고 있다. 이 연구들은 비호정성 원소 중 Sr이 골격의 성장, 발육에 영향을 주고, 골다공증과 관련이 있음을 지적했고, Ba는 골질의 변화, 병변, 골격마비 등에 영향을 줄을 보여주고 있다.

본 연구에서는 금산군의 복수, 추부, 진산, 금성면 지역 인삼 재배지 중 세일, 천매암, 화강암 지역을 선정하여 인삼 및 토양을 채취, 비호정성 원소를 분석 하여 인삼의 연령별, 지역적인 차이를 알아보고 이들과 토양과의 관계를 고려 해 보았다.

이 비호정성 원소는 지구의 맨틀이 용융될 때, 미량원소 중 일부는 용융 상태에 남고 일부는 고체의 광물상 안에 유입되는데, 이때 용융 상태 안에 남으려는 원소를 말하며¹⁹⁾ charge/size 비(ionic potential)에 따라 ionic potential이 2.0 이상이면 high field strength (HFS)로, 원자가가 작고 이온 반경이 큰 원소(ionic potential<2.0)는 low field strength (LFS)로 분류 된다²⁰⁾. LFS에는 Rb, Sr, Ba 와 HFS에는 Y, Zr, Nb, Hf, Ta가 포함된다.

본 연구는 실제적인 금산 지역의 서로 다른 토양에서 재배되는 인삼의 무기성분 특성을 규명하는데 근본적인 도움이 되고, 최종적으로는 토양의 지구화학적 특성 차이가 인간의 건강에 영향을 줄 수 있음에 대한 기초적인 연구로서 제공 될 수 있으리라 생각한다.

재료 및 방법

대조구 및 시료선택

2004 년 3 월부터 2004 년 7 월까지 15 회에 걸쳐 지질 조사를 실시하여, 금산 인삼밭의 분포를 조사하고, 시료를 채취하였다. 대조구로는 중생대 화강암, 대덕리층의 천매암, 창리층의 세일의 3 지역을 선정하였고, 인삼 시료는 2 년, 3 년, 4 년 생으로 분류하여 토양별로 10~15개의 뿌리를 채취하였으며, 인삼이 채취된 직 하부에서 토양 시료(밭토양) 1 kg을 채취하였다. 이들과 비교를 위해 인삼 밭 주변에서 모암 및 상부 토양 시료를 채취하였는데 상부 토양 시료는 2-15cm 깊이에서 약 1kg을 채취하여 잘 혼합시킨 후 실험실로 운반하였고, 모암 시료는 토양시료가 채취된 지점의 암석 중 가장 신선한 부분을 대표시료로 하였다.

시료처리 및 분석

채취한 인삼 시료는 실험실에서 증류수로 7회의 세척을 거쳐 이물질을 최대한 제거한 후 8주간 충분히 기건 시켜 대표 시료로 하였다. 인삼 시료의 분석 방법은 시료를 90°C로 건

조시켜 파쇄한 후 15 g을 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 7 일 후 부식된 시료를 INAA를 이용하여 분석하였다. 토양 시료는 실험실에서 8 주간 풍건 시킨 후 2 mm 체로 쳐 대표시료로 하였다. 토양과 모암은 파우더를 만들어 0.5 g의 시료를 질산(0.6 ml)과 염산(1.8 ml)을 사용하여 95°C에서 반응이 멈출 때까지 약 2 시간 동안 용해시켜 액상으로 만들고 냉각시킨 후 증류수 10 ml를 첨가하여 Thermo Jerrel Ash Enviro II ICP로 분석하였다²¹⁾.

결과 및 고찰

풍화토양의 성분 및 상관관계

LFS와 HFS로 나누어 설명했고, 상관계수의 유의성은 Table 2에 첨가하였다.

풍화 토양의 경우 전체적으로 화강암 지역(Granite area, GR)이 높았다(Table 1). 즉 LFS의 경우 천매암 지역(Phyllite area, PH)의 Rb(127.6 mg/kg), 화강암 지역의 Sr(402.5 mg/kg), Ba(1,219.0 mg/kg)에서 높았고, 세일 지역(Shale area, SL)의 Sr(62.0 mg/kg), 천매암 지역의 Ba(496.9 mg/kg), 화강암 지역의 Rb(99.0 mg/kg)에서 낮았다. HFS의 경우 천매암 지역의 Y(30.9 mg/kg), Nb(17.6 mg/kg), Ta(1.3 mg/kg), 화강암 지역의 Zr(232.1 mg/kg), Hf(5.9 mg/kg)에서 높았고, 천매암 지역의 Zr(162.8 mg/kg), Hf(4.5 mg/kg), 화강암 지역의 Y(12.8 mg/kg), Nb(12.1 mg/kg), Ta(1.0 mg/kg)에서 낮았다.

기존 인삼 재배 지역에 대한 희토류 원소의 연구¹⁷⁾에서 세일 지역이 높고 화강암 지역이 낮았다. 일반적으로 세일 지역이 화강암 및 천매암 지역에 비해 더욱 많은 원소에서 유의성이 높은 상관관계를 보였다. 높은 원소가 화강암 지역은 LREE, 세일 지역은 HREE, 낮은 원소가 화강암 지역은 HREE, 천매암 지역은 LREE에서 나타났다. 화강암 지역과 천매암 지역의 비에서 천매암 지역에 비해 화강암 지역은 LREE가 높고, HREE가 낮았다. 세일과 천매암 지역의 비에서 세일 지역이 천매암 지역에 비해 모든 원소에서 높은 원소 함량을 보였다.

상관계수에서 전체적으로 정의 관계가 우세하였으나, 타 지역에 비해 세일 지역은 부의 관계가 두드러졌다(Table 2).

각각을 살펴보면 세일 지역(Table 2A)의 경우 LFS에서 정의 관계가 Rb-Zr, Sr-Hf, Ba-Y, Zr 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Hf, Sr-Ba, Y, Zr, Ba-Hf 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Y-Nb, Ta, Nb-Ta 쌍에서, 부의 관계가 Zr-Hf 쌍에서 나타났다. 천매암 지역(Table 2A)의 경우 거의 모든 원소에서 정

Table 1. Analytical results of the weathered soils(W) from the Keumsan area.

(unit: mg/kg)

	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
SLW2	108.756	62.190	529.882	29.932	161.825	16.023	4.500	1.177
SLW3	110.135	61.838	534.201	30.171	164.482	16.103	4.405	1.189
SLW4	108.234	61.919	533.106	30.494	162.138	16.874	4.493	1.248
SLW(Av)	109.041	61.983	532.396	30.199	162.815	16.333	4.466	1.205
PHW2	127.340	134.392	496.814	30.565	168.248	17.215	4.556	1.269
PHW3	128.472	138.179	497.061	31.217	176.414	17.900	4.800	1.293
PHW4	126.997	136.645	496.696	30.914	169.514	17.804	4.679	1.301
PHW(Av)	127.603	136.406	496.857	30.898	171.392	17.639	4.679	1.287
GRW2	96.337	396.117	1198.973	12.736	224.542	11.561	5.724	0.904
GRW3	100.021	409.164	1237.174	13.077	229.230	12.785	5.661	1.013
GRW4	100.610	402.248	1220.805	12.558	242.459	12.062	6.170	0.972
GRW(Av)	98.990	402.510	1218.984	12.790	232.077	12.136	5.852	0.963
PHW/SLW	1.170	2.201	0.933	1.023	1.053	1.080	1.048	1.069
GRW/SLW	0.908	6.494	2.290	0.424	1.425	0.743	1.310	0.799

#Abbreviations:SL for shale, PH for phyllite, and GR for granite areas and T for top soils. Alphabet means ages of ginsengs.

Table 2. Correlation coefficients of the incompatible elements for the weathered soils, Keumsan area.

		Shale area							
A)		Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
Phyllite area	Rb		-.45834	.46876	-.34764	.92979	-.64982	-.94437	-.59240
	Sr	.65483		-.99993**	-.67401	-.75331	-.37771	.72515	-.44452
	Ba	.99518**	.57753		.66527	.76099	.36680	-.73320	.43396
	Y	.70500	.99766**	.63203		.02190	.93858	.01992	.96134*
	Zr	.93284	.88316	.89299	.91318		-.32442	-.99913**	-.25425
	Nb	.41626	.95976*	.32505	.93830	.71590		.36369	.99731**
	Hf	.73006	.99455**	.65950	.99935**	.92725	.92526		.29447
	Ta	.05695	.79184	-.04127	.74820	.41284	.93148	.72385	
		Granite area							
B)		Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
Average	Rb		.77389	.84258	.05184	.78713	.72796	.51186	.87320
	Sr	-.61922		.99315**	.67259	.21853	.99758**	-.14795	.98442*
	Ba	-.79608	.96815*		.58152	.33104	.98262*	-.03138	.99822**
	Y	.79024	-.97051*	-.99995**		-.57516	.72243	-.83138	.53197
	Zr	-.69131	.99544**	.98762*	-.98908*		.15012	.93276	.38672
	Nb	.89402	-.90540	-.98286*	.98104*	-.94177		-.21638	.96980*
	Hf	-.65759	.99876**	.97943*	-.98132*	.99896**	-.92543		.02828
	Ta	.90139	-.89816	-.97963*	.97766*	-.93601	.99986**	-.91896	

*5% significant level and ** 1% significant level

의 상관관계를 보였다. 즉 Rb-Nb, Ta, Sr-Ba, Ba-Y, Nb, Ta, Zr-Ta 쌍을 제외한 나머지 쌍들은 정의 상관관계를 보였다.

화강암 지역(Table 2B)의 경우 정의 관계가 LFS는 Rb-Sr, Ba, Zr, Nb, Ta, Sr-Ba, Y, Nb, Ta, Ba-Nb, Ta 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Y-Nb, Zr-Hf, Nb-Ta 쌍에서 나타났고, Y-Hf 는 부의 관계를 보였다. 평균값(Table 2B)에서

LFS 및 HFS에 관계없이 거의 전 원소에서 유의성이 있는 상관관계를 보였다. LFS에서 정의 관계가 Rb-Y, Nb, Ta, Sr-Ba, Zr, Hf, Ba-Zr, Hf 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Ba, Zr, Hf, Sr-Y, Nb, Ta, Ba-Y, Nb, Ta 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Y-Nb, Ta, Zr-Hf, Nb-Ta 쌍에서, 부의 관계가 Y-Zr, Hf, Zr-Nb, Ta, Nb-Hf, Hf-Ta 쌍에서 나타났다.

3 지역 모두 Rb-Zr, Sr-Y, Y-Nb, Zr-Hf, Nb-Ta 쌍에서 유의성이 있는 정 및 부의 상관관계를 보였다. 평균값을 포함한 전 지역의 비교에서 Y-Nb, Nb-Ta 쌍에서 부의 상관관계를 보였다. 즉 토양에 관계없이 Y-Nb, Nb-Ta 쌍은 부의 관계가 있음을 암시한다.

희토류 원소의 연구¹⁷⁾에서 세일 지역이 화강암 및 천매암에 비해 높은 유의성의 상관관계를 보였다. 각각을 살펴보면 화강암 지역은 거의 대부분 LREE-LREE 쌍 및 HREE-

HREE 쌍이 정의 관계, LREE-HREE 쌍은 거의 대부분이 부의 상관관계를 보였다. 천매암 지역은 La-Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm를 제외한 나머지 전 원소에서 정의 상관관계를 보였다. 세일 지역은 전 원소가 정의 상관관계를 보였다.

이 희토류 원소(Rare Earth Element, REE)는 원자번호가 57에서 71까지이며, Pm을 제외하고 지구 지각의 모든 암석에서 산출되며, 이온 반경이 비교적 큰 LREE(La~Gd)

Table 3. Analytical results of the field soils(F) from the Keumsan area.

(unit: mg/kg)

A) Shale area

	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
SLF2-1	101.936	62.750	567.715	31.590	162.303	16.024	4.385	1.133
SLF2-2	103.961	63.645	575.054	31.972	161.257	16.488	4.261	1.169
SLF2-3	98.803	59.819	546.632	30.463	150.508	15.277	4.289	1.112
SLF2(Av)	101.567	62.071	563.134	31.342	158.023	15.930	4.312	1.138
SLF3-1	112.690	59.386	571.410	26.935	156.406	16.100	4.241	1.150
SLF3-2	106.454	57.077	552.479	25.615	151.689	15.411	4.143	1.106
SLF3-3	103.979	55.963	536.238	25.463	152.974	15.262	4.199	1.091
SLF3(Av)	107.708	57.476	553.376	26.004	153.690	15.591	4.194	1.115
SLF4-1	112.339	85.663	633.739	23.645	141.420	14.269	3.903	1.089
SLF4-2	110.897	85.640	633.364	23.748	138.110	14.246	3.728	1.098
SLF4-3	112.159	85.274	635.423	23.021	137.981	13.844	3.958	1.096
SLF4(Av)	111.798	85.526	634.175	23.471	139.170	14.120	3.863	1.094
SLF	107.024	68.358	583.562	26.939	150.294	15.213	4.123	1.116

B) Phyllite area

	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
PHF2-1	116.064	124.014	404.458	38.500	132.400	15.529	3.724	1.159
PHF2-2	115.676	124.134	401.828	37.820	131.875	15.400	3.764	1.145
PHF2-3	115.773	124.159	415.066	37.896	135.687	14.030	3.860	1.148
PHF2(Av)	115.838	124.103	407.117	38.072	133.321	14.986	3.783	1.151
PHF3-1	124.494	142.892	566.857	31.227	181.305	19.053	4.956	1.411
PHF3-2	122.792	142.455	566.025	31.613	181.827	19.650	4.999	1.430
PHF3-3	122.150	141.784	563.785	30.963	184.632	19.852	4.888	1.402
PHF3(Av)	123.145	142.377	565.556	31.268	182.588	19.519	4.948	1.414
PHF4-1	89.139	84.221	852.965	26.011	134.596	13.898	3.623	1.003
PHF4-2	91.349	85.109	866.577	26.415	128.249	13.346	3.611	1.034
PHF4-3	89.571	82.498	841.825	26.358	129.014	13.195	3.643	1.018
PHF4(Av)	90.020	83.943	853.789	26.261	130.619	13.479	3.626	1.019
PHF(Av)	109.668	116.807	608.821	31.867	148.843	15.995	4.119	1.195
PHF/SLF	1.025	1.709	1.043	1.183	0.990	1.051	0.999	1.071

#Alphabet : 2(age)-1(locality).

#Abbreviations in the Table 1.

Table 3. Continued.

C) Granite area

	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
GRF2-1	213.033	175.575	626.871	10.200	154.166	10.442	4.389	1.069
GRF2-2	209.660	172.938	627.764	9.499	172.940	9.973	4.979	1.095
GRF2-3	209.437	172.236	630.036	9.689	154.198	10.519	4.485	1.206
GRF2(Av)	210.710	173.583	628.224	9.796	160.435	10.311	4.618	1.123
GRF3-1	110.672	499.065	1140.050	14.095	230.899	15.882	5.932	1.527
GRF3-2	104.694	496.905	1076.662	14.820	296.745	17.168	7.384	1.629
GRF3-3	103.375	488.385	1053.923	14.401	294.712	18.443	7.465	1.690
GRF3(Av)	106.247	494.785	1090.212	14.439	274.119	17.164	6.927	1.615
GRF4-1	115.468	284.587	1021.262	12.628	368.977	16.729	9.464	1.346
GRF4-1	115.675	279.233	1018.668	11.506	365.479	15.126	9.381	1.169
GRF4-1	121.496	293.589	1054.418	13.110	353.875	17.236	8.663	1.340
GRF4(Av)	117.546	285.803	1031.449	12.415	362.777	16.364	9.169	1.285
GRF(Av)	144.834	318.057	916.628	12.216	265.777	14.613	6.905	1.341
GRF/SLF	1.353	4.653	1.571	0.453	1.768	0.961	1.675	1.202

#Alphabet : 2(age)-1(locality).

#Abbreviations in the Table 1.

와 작은 HREE(Tb~Lu)로 구분 된다²⁰⁾.

밭 토양의 성분 및 상관관계

전체적으로 밭 토양의 평균값은 화강암 지역에서 높았고, 세일 지역에서 낮은 값을 보였다(Table 3). LFS의 경우 화강암 지역에서 Rb(144.8 mg/kg), Sr(318.1 mg/kg), Ba(916.6 mg/kg), HFS의 경우 천매암 지역의 Y(31.9 mg/kg), Nb(16.0 mg/kg), 화강암 지역의 Zr(265.8 mg/kg), Hf(6.9 mg/kg), Ta(1.3 mg/kg)에서 높은 값을 보였다. 상관관계에서 화강암 지역이 많은 원소에서 정, 부의 상관성을 보였고, 지역에 관계없이 3 년생 지역에서 높은 유의성의 상관관계를 보였다.

세일 지역: 대체로 밭 토양의 평균 함량에서 2 년생 토양이 높았고, 4 년생 토양에서는 LFS만이 높았으며, 그 외 원소는 낮은 값을 보였다(Table 3A). 각각을 살펴보면 LFS는 2 년생의 Rb(101.6 mg/kg), 3 년생의 Sr(57.5 mg/kg), Ba(553.4 mg/kg)에서 낮은 값을 보였고, 4 년생의 Rb(111.8 mg/kg), Sr(85.6 mg/kg), Ba(834.2 mg/kg)에서 높은 값을 보였다. HFS는 연생별 차이가 뚜렷하여 2 년생은 높았고, 4 년생은 낮았다. 즉 2 년생의 Y(31.3 mg/kg), Zr(158.0 mg/kg), Nb(15.9 mg/kg), Hf(4.3 mg/kg) Ta(1.1 mg/kg)에서 높았고, 4 년생의 Y(23.5 mg/kg), Zr(139.2 mg/kg), Nb(14.1 mg/kg), Hf(3.9 mg/kg) Ta(1.1 mg/kg)에서 낮았다.

원소들 간의 상관계수에서 3 년생 지역이 두드러지게 높은

상관성을 가졌고, 4 년생 지역이 낮은 상관성을 보였다(Table 4A). 각각을 살펴보면 2 년생의 경우 LFS 및 HFS에 관계 없이 Hf 원소 쌍을 제외한 나머지 원소 쌍에서 높은 상관성을 보였다. 즉 Hf-Rb, Sr, Ba, Y, Zr, Nb, Ta의 낮은 상관성을 보이는 원소 쌍을 제외하고, 나머지 원소 쌍들이 정의 상관관계를 보였다. 3 년생의 경우 LFS는 정의 관계가 Rb-Sr, Ba, Zr, Nb, Ta, Sr-Ba, Zr, Nb, Ta, Ba-Zr, Nb, Ta 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Y, Sr-Y, Ba-Y 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Zr-Nb, Hf, Ta, Nb-Hf, Ta, Hf-Ta 쌍에서, 부의 관계가 Y-Zr, Nb, Hf 쌍에서 나타났다.

4 년생은 2 년과 3 년생에 비해 매우 낮은 상관계수를 보였다. 즉 LFS는 정의 관계가 Rb-Hf, Sr-Y, Nb, Ba-Hf 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Ta, Sr-Ba, Ba-Y, Nb 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Y-Nb 쌍에서, 부의 관계가 Y-Hf, Zr-Ta 쌍에서 나타났다. 평균값에서 Sr-Y 쌍을 제외한 전 원소가 유의성이 있는 상관관계를 보였다. LFS는 정의 관계가 Rb-Sr, Ba, Sr-Ba 쌍에서, 부의 관계가 LFS-HFS의 모든 쌍에서 나타났다. HFS는 전원소가 정의 상관관계를 보였다.

2, 3, 4 년 지역, 공히 LFS의 Rb-Ta, Sr-Ba, Y, Nb, Ba-Y, Nb 쌍에서, HFS는 Y-Nb, Zr-Ta 쌍에서, 정 및 부의 관계를 보였다. 평균값을 포함한 3 지역 모두를 고려 해 보았을 때 공통적인 유의성을 보이는 원소는 없었다.

천매암 지역: 대체로 평균값(Table 3B)에서 대부분 원소가

3 년생에서 높았고, 4 년생에서 낮았다. 각각을 살펴보면 LFS는 높은 값이 3 년생의 Rb(123.1 mg/kg), Sr(142.4 mg/kg), 4년생의 Ba(853.8 mg/kg)에서 나타났고. 낮은 값이 2 년생의 Ba(407.1 mg/kg)와 4 년생의 Rb(90.0 mg/kg), Sr

(83.9 mg/kg)에서 나타났다. HFS는 연생별 차이가 뚜렷하여 3 년생은 높았고 4 년생은 낮았다. 즉 2 년생의 Y(38.1 mg/kg), 3 년생의 Zr(182.6 mg/kg), Nb(19.5 mg/kg), Hf(4.9 mg/kg) Ta(1.4 mg/kg)에서 높았고, 4 년생의 Y(26.3 mg/kg),

Table 4. Correlation coefficients of the incompatible elements for the field soils from the Keumsan area.

A) shale area

		2 Year							
1)		Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
3 Year	Rb		.98439*	.98861*	.98778*	.88578	.99992**	-.09566	.96325*
	Sr	.99897**		.99967**	.99979**	.95363*	.98659*	.08102	.90094
	Ba	.98003*	.98805*		.99999**	.94554	.99047**	.05526	.91185
	Y	-.93548	-.91848	-.84653		.94729	.98971*	.06067	.90961
	Zr	.85465	.83020	.73435	-.98298*		.89171	.37724	.72857
	Nb	.99375**	.98766*	.95171*	-.96908*	.90727		-.08277	.95969*
	Hf	.63314	.59736	.46659	-.86582	.94300	.71560		-.35952
	Ta	.99948**	.99699**	.97312*	-.94638	.87093	.99683**	.65774	
		4 Year							
2)		Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
Average	Rb		-.34861	.54855	-.51422	.56901	-.35290	.94080	-.75234
	Sr	.70232		-.97490*	.98312*	.57238	.99999**	-.64567	-.35517
	Ba	.73191	.99910**		-.99918**	-.37544	-.97591*	.79948	.13812
	Y	-.99616**	-.63728	-.66942		.41269	.98395*	-.77449	-.17814
	Zr	-.91405	-.93069	-.94537	.87502		.56862	.25658	-.96982*
	Nb	-.89528	-.94591	-.95883*	.85282	.99903**		-.64916	-.35089
	Hf	-.92771	-.91729	-.93336	.89145	.99939**	.99687**		-.48450
	Ta	-.99604**	-.76281	-.78957	.98443	.94648	.93133	.95722 *	

B) Phyllite area.

		2 Year							
1)		Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
3 Year	Rb		-.92091	-.09627	.99073	-.15712	.35498	-.54415	.99944**
	Sr	.92988		.47663	-.96532*	.52963	-.69130	.82813	-.93344
	Ba	.87075	.99058**		-.23059	.99812**	-.96470	.88748	-.12955
	Y	.15958	.51155	.62439		-.28982	.47869	-.65307	.99472**
	Zr	-.80650	-.96744*	-.99298**	-.71237		-.97904*	.91407	-.19011
	Nb	-.99974 **	-.92131	-.85939	-.13719	.79290		-.97751*	.38609
	Hf	.38713	.69917	.79048	.97199 *	-.85736	-.36616		-.57194
	Ta	.06482	.42737	.54714	.99545**	-.64227	-.04221	.94518	
		4 Year							
2)		Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
Average	Rb		.62813	.79519	.74449	-.73093	-.48259	-.65817	.94939
	Sr	.99509**		.97130*	-.05185	.07190	.37837	-.99923**	.35194
	Ba	-.84250	-.78505		.18720	-.16743	.14732	-.97988*	.56449
	Y	.68023	.60435	-.96796		-.99980**	-.94403	.01264	.91652
	Zr	.70420	.77101	-.21082	-.04141		.95046*	-.03272	-.90830
	Nb	.82890	.88019	-.39701	.15380	.98088		-.34178	-.73327
	Hf	.75355	.81491	-.28074	.03073	.99740**	.99236**		-.38838
	Ta	.87697	.92022	-.47998	.24430	.95875	.99574**	.97675*	

Table 4. Continued.

C) Granite area.

		2 Year							
1)		Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
3 Year	Rb		-.99630**	.99646**	-.99658**	.99681**	.97796*	-.99737**	.26122
	Sr	.77484		-.99999**	.99999**	-.99998**	-.99228**	.98746*	-.34319
	Ba	.99620**	.82693		-.99999**	.99999**	.99204**	-.98776*	.34139
	Y	-.70826	-.10252	-.64412		-.99999**	-.99187**	.98797*	-.34011
	Zr	-.98054*	-.63568	-.95974*	.83305		.99150**	-.98841*	.33741
	Nb	-.93914	-.94486	-.96547*	.42262	.85343		-.96026*	.45700
	Hf	-.99239**	-.69110	-.97790*	.78980	.99725**	.88968		-.19059
	Ta	-.97825*	-.88912	-.99259**	.54641	.91850	.98997*	.94526	
		4 Year							
2)		Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
Average	Rb		.91785	.99546**	.71073	-.98146	.66358	-.99795**	.44708
	Sr	-.82697		.95147*	.93157	-.82476	.90601	-.89053	.76541
	Ba	-.99983**	.83717		.77448	-.95876 *	.73179	-.98731*	.53022
	Y	-.93902	.96988*	.94518		-.56274	.99789**	-.66420	.94700
	Zr	-.85199	.41021	.84222	.62000		-.50790	.99173**	-.26736
	Nb	-.99997**	.83158	.99995**	.94182	.84764		-.61428	.96585*
	Hf	-.81746	.35218	.80673	.56954	.99803**	.81268		-.38885
	Ta	-.81414	.99975**	.82469	.96417*	.38964	.81891	.33108	

Zr(130.6 mg/kg), Nb(13.5 mg/kg), Hf(3.6 mg/kg) Ta(1.0 mg/kg)에서 낮았다.

상관계수에서 3 년생 지역이 두드러지게 높은 상관성을 가졌고, 4 년생 토양이 낮은 상관성을 보였다(Table 4B). 2 년생의 경우 LFS는 정의 관계가 Rb-Y, Ta, Sr-Hf, Ba-Zr, Hf 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Sr, Sr-Y, Nb, Ta, Ba-Nb 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Y-Ta, Zr-Hf 쌍에서, 부의 관계가 Y-Hf, Zr-Nb, Nb-Hf 쌍에서 나타났다. 3 년생의 경우 LFS는 정의 관계가 Rb-Sr, Ba, Sr-Ba, Hf, Ba-Hf 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Zr, Nb, Sr-Zr, Nb, Ba-Zr, Nb 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Y-Hf, Ta, Zr-Nb, Hf-Ta 쌍에서, 부의 관계가 Y-Zr, Zr-Hf 쌍에서 나타났다

4 년생의 경우 LFS는 정의 관계가 Rb-Ba, Y, Ta, Sr-Ba 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Zr, Hf, Sr-Hf, Ba-Hf 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Y-Ta, Zr-Nb 쌍에서, 부의 관계가 Y-Zr, Nb, Zr-Ta, Nb-Ta 쌍에서 나타났다. 평균값에서 LFS는 정의 관계가 Rb-Sr, Y, Zr, Nb, Hf, Ta, Sbr-Zr, Nb, Hf, Ta 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Ba, Sr-Ba, Ba-Y 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Zr-Nb, Hf, Ta, Nb-Hf, Ta, Hf-Ta 쌍에서 나타났다. 2, 3, 4 년 공히 LFS는 Sr-Hf, Ba-Hf 쌍에서, HFS는 Y-Ta, Zr-Nb 쌍에서 정 및 부의 상관관계가 나타났다.

평균값을 포함한 3 지역 모두를 고려해 보았을 때 높은 유의성을 보이는 상관관계는 없었다. 하지만 2, 3, 4년 지역 모

두에서 정의 관계를 보이는 Y-Ta 쌍은 토양 중에서도 이들 원소들이 정의 관계가 있음을 의미한다.

화강암 지역: 대체로 평균값(Table 3C)에서 3 년생이 높았고, 2 년생이 낮았다. 각각을 살펴보면 LFS에서 높은 값이 2 년생의 Rb(210.7 mg/kg), 3 년생의 Sr(494.8 mg/kg), Ba (1090.2 mg/kg)에서 나타났고, 낮은 값이 2 년생의 Sr(173.6 mg/kg), Ba(628.2 mg/kg)와 3 년생의 Rb(106.2 mg/kg)에서 나타났다. HFS는 2 년생이 낮았다. 각각을 살펴보면 3 년생은 Y(14.4 mg/kg), Nb(17.2 mg/kg), Ta(1.6 mg/kg)와 4 년생의 Zr(362.8 mg/kg), Hf(9.2 mg/kg)에서 높았고, 2 년생의 Y(9.8 mg/kg), Zr(160.4 mg/kg), Nb(10.3 mg/kg), Hf(4.6 mg/kg), Ta(1.1 mg/kg)에서 낮았다.

상관 계수에서 일반적으로 3 년생 지역이 두드러지게 높은 상관성을 가졌고, 4 년생 토양이 낮은 상관성을 보였다(Table 4C). 각각을 살펴보면 2 년생에서 LFS는 정의 관계가 Rb-Ba, Zr, Nb, Sr-Y, Hf, Ba-Zr, Nb 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Sr, Y, Hf, Sr-Ba, Zr, Nb, Ba-Y, Hf 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Y-Hf, Zr-Nb 쌍에서, 부의 관계가 Y-Zr, Nb, Zr-Hf, Nb-Hf 쌍에서 나타났다. 3 년생에서 대부분 원소가 LFS는 부의 관계를, HFS는 정의 관계를 보였다. 즉 LFS는 정의 관계가 Rb-Sr, Ba, Sr-Ba 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Y, Zr, Nb, Hf, Ta, Sr-Nb, Hf, Ta, Ba-Zr, Nb, Hf, Ta 쌍에서 나타났다. HFS는 Y-Nb, Ta 쌍을 제외한 원소 쌍에서 모두

Table 5. Analytical results of the host rocks(R) from the Keumsan area.

(unit: mg/kg)

	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
SLR2	68.665	6.624	199.944	3.938	59.379	7.729	1.539	0.507
SLR3	65.435	19.971	334.750	5.477	61.297	7.730	1.655	0.538
SLR4	112.554	58.217	2119.502	34.440	86.247	9.663	2.341	0.803
SLR(Av)	82.218	28.271	884.732	14.618	68.974	8.374	1.845	0.616
PHR2	155.694	167.304	486.381	21.785	142.314	15.634	3.676	1.086
PHR3	240.356	136.821	398.159	20.727	156.229	16.536	4.187	1.221
PHR4	107.321	339.055	358.762	12.580	65.044	7.173	1.798	0.517
PHR(Av)	167.790	214.393	414.434	18.364	121.195	13.114	3.220	0.941
GRR2	28.049	363.543	214.621	9.013	223.031	15.511	6.025	1.575
GRR3	101.120	133.957	595.965	3.563	77.760	6.648	2.857	0.729
GRR4	91.960	648.595	915.299	9.256	198.369	10.641	4.888	0.883
GRR(Av)	73.710	382.031	575.295	7.277	166.387	10.933	4.590	1.062
PHR/SLR	2.041	7.584	0.468	1.256	1.757	1.566	1.745	1.528
GRR/SLR	0.897	13.513	0.650	0.498	2.412	1.306	2.488	1.724

#Abbreviations in the Table 1.

정의 관계를 보였다.

4 년생에서 LFS는 정의 관계가 Rb-Sr, Ba, Y, Nb, Sr-Ba, Y, Nb, Ba-Y, Nb 쌍에서 나타났고, 부의 관계가 Rb-Zr, Hf, Sr-Zr, Hf, Ba-Zr, Hf 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Y-Nb, Ta, Zr-Hf, Nb-Ta 쌍에서, 부의 관계가 Y-Hf 쌍에서 나타났다. 평균값에서 LFS는 정의 관계가 Sr-Ba, Y, Nb, Ta, Ba-Y, Zr, Nb, Hf, Ta 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Sr, Ba, Y, Zr, Nb, Hf, Ta 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 우세하였으며, 정의 관계가 Y-Nb, Ta, Zr-Nb, Hf, Nb-Hf 쌍에서 나타났다.

2, 3, 4 년 공히 Rb-Sr, Ba, Y, Zr, Nb, Hf, Sr-Ba, Nb, Hf, Y-Zr, Ba-Zr, Nb, Hf, Y-Hf, Zr-Hf 쌍에서 정 및 부의 관계를 나타냈다. 평균값을 포함한 2, 3, 4 년 지역 모두에서 Rb-Hf 쌍은 부의 상관관계를 보였다. 즉 토양 중 에서 이들 원소들의 거동이 부의 관계를 보임을 암시한다.

암석의 성분 및 상관관계

전체적으로 암석의 평균값에서 화강암 지역에서 높았고, 세일 지역에서 낮았다(Table 5). 각각을 살펴보면 LFS의 경우 높은 값이 세일 지역의 Ba(887.7 mg/kg), 천매암 지역의 Rb(167.8 mg/kg), 화강암 지역의 Sr(382.0 mg/kg)에서, 낮은 값이 세일 지역의 Sr(28.3 mg/kg), 천매암 지역의 Ba(414.4 mg/kg), 화강암 지역의 Rb(73.7 mg/kg)에서 나타났다. HFS의 경우 세일 지역은 낮고, 화강암 지역은 높았다. 즉 천매암 지역의 Y(18.4 mg/kg), Nb(13.2 mg/kg), 화강암 지역의 Zr(166.4 mg/kg), Hf(4.6 mg/kg), Ta(1.1 mg/kg)에서 높았고,

화강암 지역의 Y(7.3 mg/kg), 세일 지역의 Zr(69.0 mg/kg), Nb(8.4 mg/kg), Hf(1.8 mg/kg), Ta(0.6 mg/kg)에서 낮았다.

위 원소들의 높고 낮음은 Rb, Ba, Sr은 이 원소들을 포함하는 흑운모, 백운모, 알칼리 장석 및 사장석과 같은 광물의 존재로, Zr, Nb, Ta 는 저어콘에 농집 되거나 마그마 분화 말기의 암석인 화강암과 같은 산성암에 이들 원소들이 농집되는 원소의 특성으로 해석 될 수 있다 22).

상관계수에서 전체적으로 세일 지역이 우세하였고, 화강암 지역이 유의성이 높은 원소가 적었다(Table 6). 각각을 살펴 보면 세일 지역의 경우 LFS 및 HFS에 관계없이 전 원소가 정의 상관관계를 보였다. 천매암 지역의 경우 LFS는 정의 관계가 Rb-Y, Zr, Nb, Hf, Ta, Ba-Y 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Sr, Sr-Y, Zr, Nb, Hf, Ta 쌍에서 나타났다. HFS는 전 원소가 정의 상관관계를 보였다.

화강암 지역의 경우 LFS는 정의 관계가 Rb-Ba, Sr-Y, Zr 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Zr, Nb, Hf, Ta, Ba-Ta 쌍에서 나타났다. HFS는 Y-Ta를 제외한 나머지 원소에서 정의 상관관계를 보였다. 평균값에서 LFS는 정의 관계가 Rb-Y, Nb, Sr-Zr, Hf, Ta 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Ba, Sr-Ba, Ba-Zr, Ta 쌍에서 나타났다. HFS는 정의 관계가 Zr-Hf, Ta, Nb-Ta, Hf-Ta 쌍에서, 부의 관계가 Y-Hf 쌍에서 나타났다.

3 지역 공히 LFS는 Rb-Zr, Nb, Hf, Ta, Sr-Y, Zr 쌍에서, HFS는 전 원소가 유의성이 있는 상관관계를 보였다. 특히 HFS는 전 원소가 유의성이 있는 정의 상관관계를 보였다. 평균값 및 3 지역 모두를 고려했을 때 Zr-Hf, Ta, Nb-Ta, Hf-Ta 쌍은 공통적으로 유의성이 있는 정의 상관관계를 보였다.

즉 이들 원소 쌍들은 토양 중에서 연령에 관계없이 유사한 거동을 보이리라 생각된다.

인삼의 성분 및 상관관계

전체적으로 연생에 관계없이 평균 함량에서 높은 원소가 세

일 지역의 Rb(4.2 mg/kg), Nb(0.01 mg/kg), 화강암 지역의 Sr(37.0/kg), Ba(23.4 mg/kg), Y(0.2 mg/kg)에서, 낮은 원소 함량이 세일 지역의 Sr(6.2 mg/kg), Y(0.1 mg/kg), 천매암 지역의 Rb(2.3 mg/kg), Ba(21.1 mg/kg)에서 나타났다. 화강암 지역 인삼은 연생에 관계없이 세일 및 천매암 지역에 비해

Table 6. Correlation coefficients of the incompatible elements for the host rocks from the Keumsan area.

		Shale area							
1)		Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
Phyllite area	Rb		.95134*	.99228**	.99437**	.99215**	.99809**	.98093*	.98773*
	Sr	-.85794		.98221*	.97864*	.98241*	.96856*	.99309**	.98779*
	Ba	.14944	-.63619		.99984**	.99999**	.99805**	.99746**	.99947**
	Y	.70737	-.97002*	.80461		.99982**	.99902**	.99600**	.99872**
	Zr	.85889	-.99999**	.63476	.96957*		.99798**	.99754**	.99951**
	Nb	.82962	-.99861**	.67604	.98150*	.99851**		.99107**	.99549**
	Hf	.88916	-.99794**	.58532	.95241*	.99805**	.99315**		.99925**
	Ta	.87847	-.99914**	.60371	.95913*	.99922**	.99556**	.99974**	
		Granite area							
2)		Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
Average area	Rb		-.05314	.83213	-.56559	-.71610	-.93895	-.84201	-.99841**
	Sr	-.05166		.50958	.85357	.73506	.39346	.58344	.10936
	Ba	-.70678	-.66997		-.01330	-.20880	-.59053	-.40149	-.79954
	Y	.80990	-.62763	-.15746		.98065*	.81480	.92112	.61119
	Zr	-.04020	.99993**	-.67845	-.61865		.91253	.97951*	.75432
	Nb	.79520	.56445	.56445	.28837	.57389		.97621*	.95686*
	Hf	-.08070	.99958**	-.64808	-.65002	.99918**	.54019		.87109
	Ta	.17543	.97411*	-.82045	-.43540	.97664*	.73644	.96712*	

Table 7. Analytical results of the ginsengs(G) from the Keumsan area.

(unit: mg/kg)

A) Shale area

	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
SLG2-1	2.646	3.193	14.588	0.081	<0.5	0.008	<0.01	<0.001
SLG2-2	7.310	7.708	32.273	0.632	<0.5	0.052	<0.01	<0.001
SLG2-3	1.619	3.205	9.060	0.088	<0.5	0.008	<0.01	<0.001
SLG2(Av)	3.858	4.702	18.640	0.267	-	0.023	-	-
SLG3-1	4.996	6.512	19.004	0.050	<0.5	0.009	<0.01	<0.001
SLG3-2	5.121	6.661	27.072	0.092	<0.5	0.018	<0.01	<0.001
SLG3-3	7.019	6.822	19.953	0.062	<0.5	0.009	<0.01	<0.001
SLG3(Av)	5.712	6.665	22.010	0.068	-	0.012	-	-
SLG4-1	4.074	10.740	43.088	0.187	<0.5	0.038	<0.01	0.001
SLG4-1	1.934	4.567	16.135	0.027	<0.5	-0.005	<0.01	-0.001
SLG4-3	2.689	6.258	25.940	0.043	<0.5	0.008	<0.01	-0.001
SLG4(Av)	2.899	7.188	28.387	0.086	-	0.013	-	0.000
SLG(Av)	4.156	6.185	23.012	0.140	-	0.016	-	-
SLG3(Av)/SLG2(Av)	1.480	1.417	1.181	0.255	-	0.532	-	-
SLG4(Av)/SLG2(Av)	0.751	1.529	1.523	0.320	-	0.597	-	-

#Alphabet : 2(age)-1(locality).

#Abbreviations in the Table 1.

Table 7. Continued.

B) Phyllite area

	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
PHG2-1	1.239	21.397	15.737	0.138	<0.5	0.015	<0.01	<0.001
PHG2-2	0.750	18.795	16.751	0.105	<0.5	0.012	<0.01	<0.001
PHG2-3	1.074	16.796	12.596	0.120	<0.5	0.009	<0.01	<0.001
PHG2(Av)	1.021	18.996	15.028	0.121	-	0.012	-	-
PHG3-1	0.939	11.529	12.284	0.071	<0.5	0.010	<0.01	<0.001
PHG3-2	1.044	12.749	15.777	0.090	<0.5	0.015	<0.01	<0.001
PHG3-3	1.557	7.864	10.904	0.105	<0.5	0.015	<0.01	<0.001
PHG3(Av)	1.180	10.714	12.988	0.089	-	0.013	-	-
PHG4-1	8.177	18.967	50.791	0.263	<0.5	0.017	<0.01	<0.001
PHG4-2	3.542	18.446	31.575	0.233	<0.5	0.015	<0.01	<0.001
PHG4-3	2.165	13.355	23.381	0.251	<0.5	0.017	<0.01	<0.001
PHG4(Av)	4.628	16.923	35.249	0.249	-	0.016	-	-
SLG(Av)	2.276	15.544	21.089	0.153	-	0.014	-	-
PHG3(Av)/PHG2(Av)	1.156	0.564	0.864	0.733	-	1.095	-	-
PHG4(Av)/PHG2(Av)	4.533	0.891	2.346	2.057	-	1.373	-	-

C) Granite area

	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
GRG2-1	1.474	29.390	17.278	0.500	<0.5	<0.005	<0.01	<0.001
GRG2-2	0.673	20.307	9.611	0.252	<0.5	<0.005	<0.01	<0.001
GRG2-3	0.769	27.180	4.931	0.446	<0.5	<0.005	<0.01	<0.001
GRG2(Av)	0.972	25.626	10.607	0.399	-	-	-	-
GRG3-1	3.215	35.714	6.439	0.070	<0.5	0.005	<0.01	<0.001
GRG3-2	5.054	47.335	69.816	0.157	<0.5	0.012	<0.01	0.003
GRG3-3	4.997	63.858	21.385	0.112	<0.5	0.009	<0.01	<0.001
GRG3(Av)	4.422	48.969	32.547	0.113	-	0.009	-	-
GRG4-1	6.858	53.058	20.737	0.124	<0.5	0.009	<0.01	<0.001
GRG4-2	0.857	24.770	23.512	0.086	<0.5	0.006	<0.01	<0.001
GRG4-3	1.987	31.165	36.544	0.319	<0.5	0.023	<0.01	<0.001
GRG4(Av)	3.234	36.331	26.931	0.176	-	0.012	-	-
GRG(Av)	2.876	36.975	23.361	0.230	-	-	-	-
GRG3(Av)/GRG2(Av)	4.549	1.911	3.069	0.283	-	-	-	-
GRG4(Av)/GRG2(Av)	3.327	1.418	2.539	0.442	-	-	-	-
GRG2/SLG2	0.252	5.450	0.569	1.496	-	-	-	-
GRG3/SLG3	0.774	^a 7.347	1.479	1.665	-	0.721	-	-
GRG4/SLG4	1.116	5.054	0.949	2.061	-	0.915	-	-
GRG2/PHG2	0.952	1.349	0.706	3.301	-	-	-	-
GRG3/PHG3	3.748	4.571	2.506	1.276	-	0.659	-	-
GRG4/PHG4	0.699	2.147	0.764	0.709	-	0.748	-	-

#Alphabet : 2(age)-1(locality).

#Abbreviations in the Table 1.

a.

높았다. 천매암 및 세일 지역의 비교에서 2 년생은 세일 지역이, 4 년생은 천매암 지역이 높았다. 상관계수에서 연생에 관계없이 세일 지역에서 많은 원소가 유의성이 있는 상관관계를 보였고, 천매암 지역이 적은 원소에서 유의성이 있는 상관관계를 보였다.

세일 지역: 일반적으로 원소 함량은 연생 간에 명확한 차이가 나타났다. 즉 4 년생은 LFS에서 높았고, 2 년생은 HFS에서 낮은 값을 보였다(Table 7A). 각각을 살펴보면 LFS에서 높은 값이 3 년생의 Rb(5.7 mg/kg), 4 년생의 Sr(7.2 mg/kg), Ba(28.4 mg/kg)에서 나타났고, 낮은 값이 2 년생의 Sr(4.7 mg/kg), Ba(18.6 mg/kg), 4 년생의 Rb(2.9 mg/kg)에서 나타났다. HFS에서 2 년생은 높았고, 3 년생은 낮았다. 즉 2 년생의 Y(0.3 mg/kg), Nb(0.02 mg/kg)에서 높았고, 3 년생의 Y(0.1 mg/kg), Nb(0.01 mg/kg)에서 낮았다.

상관계수(Table 8A)에서 2, 4 년생은 전 원소에서 유의성이 있는 상관관계를 보였다. 3 년생은 정의 관계가 LFS는 Rb-Sr, Ba-Y, Nb 쌍에서, HFS는 Y-Nb 쌍에서 보였다. 평균값에서 LFS는 정의 관계가 Sr-Ba 쌍에서, 부의 관계가 Sr-Y, Nb, Ba-Y 쌍에서 나타났고, HFS는 Y-Nb 쌍에서 정의 관계를 보였다. 2, 3, 4 년 지역 공히 Rb-Sr, Ba-Y, Nb, Y-Nb 쌍에서 정의 관계를 보였다. 평균값과 3 지역을 포함해서 Y-Nb 쌍에서 정의 관계를 보였다. 즉 연생에 관계없이 인삼 중 Y-Nb 쌍에서 정의 관계를 보임을 암시한다.

천매암 지역: 일반적으로 연생에 대한 명확한 차이가 나타났다(Table 7B). 즉 3 년생은 대부분 원소에서 낮고, 4 년생은 높았다. 각각을 살펴보면 LFS에서 높은 값이 2 년생의 Sr(19.0 mg/kg), 4 년생의 Rb(4.6 mg/kg), Ba(35.2 mg/kg)에서, 낮은 값이 2 년생의 Rb(1.0 mg/kg), 3 년생의 Sr(10.7 mg/kg), Ba(13.0 mg/kg)에서 나타났다. 대체로 HFS는 4 년생이 대체로 높았다. 각각을 살펴보면 4 년생의 Y(0.3 mg/kg), Nb(0.02 mg/kg)에서 높았고, 2 년생의 Nb(0.01 mg/kg), 3 년생의 Y(0.09 mg/kg)에서 낮았다.

상관관계(Table 8B)에서 연생별 명확한 차이가 없었다. 각각을 살펴보면 2 년생의 경우 LFS는 Rb-Y, Sr-Ba, Nb, Ba-Nb 쌍에서 정의 관계를 보였다. 3 년생의 경우 LFS는 정의 관계가 Rb-Y, Sr-Ba 쌍에서, 부의 관계가 Rb-Sr, Sr-Y 쌍에서 나타났고, HFS는 정의 관계가 Y-Nb 쌍에서 나타났다. 4 년생의 경우 LFS는 정의 관계가 Rb-Sr, Ba, Y, Sr-Ba 쌍에서 나타났고, HFS에서는 정의 관계가 Y-Nb 쌍에서 나타났다.

평균값의 경우 LFS는 Rb-Ba, Y, Nb, Ba-Y, Nb 쌍에서, HFS는 Y-Nb 쌍에서 정의 관계가 나타났다. 2, 3, 4 년 지

역 공히 정의 관계가 Rb-Y, Sr-Ba 쌍에서 나타났다. 평균값과 3 지역을 포함해서 Rb-Y가 정의 관계를 보였다. 즉 연생에 관계없이 인삼 중 Rb-Y가 정의 관계를 보임을 암시한다.

화강암 지역: 일반적으로 연생에 대한 명확한 차이가 나타났다(Table 7C). 즉 3 년생은 대부분 원소에서 높았고, 2 년생은 낮았다. 각각을 살펴보면 LFS에서 높은 값이 3 년생의 Rb(4.4 mg/kg), Sr(49.0 mg/kg), Ba(32.5 mg/kg)에서, 낮은 값이 2 년생의 Rb(1.0 mg/kg), Sr(25.6 mg/kg), Ba(10.6 mg/kg)에서 나타났다. HFS에서 높은 값이 2 년생의 Y(0.4 mg/kg), 4 년생의 Nb(0.01 mg/kg)에서, 낮은 값이 3 년생의 Y(0.1 mg/kg), 2 년생의 Nb(<0.005 mg/kg)에서 나타났다.

상관계수(Table 8C)에서 일반적으로 2, 3 년생이 많은 원소에서 유의성이 있는 상관관계를 보였다. 즉 2 년생의 경우 정의 관계가 LFS는 Rb-Sr, Ba, Y, Nb, Sr-Y, Nb 쌍에서, HFS는 Y-Nb 쌍에서 나타났다. 3 년생의 경우 정의 관계가 LFS는 Rb-Sr, Ba, Y, Ba-Y, Nb 쌍에서, HFS는 Y-Nb 쌍에서 나타났다. 4 년생의 경우 정의 관계가 LFS는 Rb-Sr, Ba, Y, Nb 쌍에서, HFS에서는 Y-Nb 쌍에서 보였다.

평균값에서 정의 관계가 LFS는 Rb-Sr, Ba, Nb, Sr-Ba, Ba-Nb 쌍에서, HFS는 Y-Nb 쌍에서 나타났고, 부의 관계가 LFS는 Rb-Y, Sr-Y, Ba-Y 쌍에서, HFS는 Y-Nb 쌍에서 나타났다. 2, 3, 4 년 지역 공히 정의 관계가 Rb-Sr, Y-Nb 쌍에서 나타났다. 평균값과 3 지역 모두를 포함해 Rb-Sr에서 정의 관계를 보였다. 즉 연생에 관계없이 인삼 중 Rb-Sr 쌍이 정의 관계를 보임을 의미한다.

희토류 원소의 연구¹⁷⁾에서 2, 3 년 평균값의 경우 높은 값이 세일 지역의 전 원소에서, 낮은 값이 천매암 지역의 전 원소에서 나타났고 화강암은 중간 값을 보였다. 상대적인 비에서 LREE는 큰 차이가, HREE는 작은 차이를 보였다. 동일 연생 인삼의 지역적 비교에서 2, 3 년생 모두 세일 지역이 높았고 천매암 지역이 낮았다. 2, 3 년생의 평균값에 대한 상관관계에서 2 년생에 비해 3 년생에서 더욱 많은 원소가 유의성이 있는 상관관계를 보였다. 이는 토양의 조성에 관계없이 인삼의 연생이 증가함에 따라 토양으로 부터 인삼이 필요한 만큼의 원소 함량을 흡수함을 의미하는 것으로 해석되었다.

각 지역 동일 연생별 성분 비교: 일반적으로 평균값에서 화강암 지역이 세일 및 천매암 지역에 비해 높았다(Table 7C). 각각을 살펴보면 세일 지역에 대한 화강암 지역 원소 함량의 비(화강암/세일)에서 연생이 증가함에 따라 1 이상의 값을 갖는 원소수가 증가했다. 2 년생의 경우 Sr, Y에서 1 이상을, Rb, Ba에서 1 이하 값을 보였다. 3 년생의 경우 Sr,

Table 8. Correlation coefficients of the incompatible elements for the ginsengs from the Keumsan area.

A) Shale area

1)		2 Year				
	Rb	Sr	Ba	Y	Nb	
3 Year	Rb	.98517	.99821	.98363	.98556	
	Sr	.90214	.97314	.99996	.99999	
	Ba	-.35286	.08536	.97109	.97367	
	Y	-.18631	-.18631	.98503	.99994	
	Nb	-.45149	-.02234	.99419	.96077	
2)		4 Year				
	Rb	Sr	Ba	Y	Nb	
Average	Rb	.99622	.99992	.96527	.96298	
	Sr	-.01953	.99507	.98431	.98276	
	Ba	-.49532	.87822	.96197	.95958	
	Y	-.26049	-.96021	-.70970	.99996	
	Nb	-.60744	-.78236	-.38921	.92518	

B) Phyllite area.

1)		2 Year				
	Rb	Sr	Ba	Y	Nb	
3 Year	Rb	.40187	-.40940	.97181	.33163	
	Sr	-.92052	.67092	.60643	.99715	
	Ba	-.59952	.86457	-.18276	.72496	
	Y	.90814	-.67238	-.20936	.54470	
	Nb	.63115	-.27793	.24242	.89792	
2)		4 Year				
	Rb	Sr	Ba	Y	Nb	
Average	Rb	.73664	.99718	.65325	.29860	
	Sr	.23935	.78531	-.03084	-.42547	
	Ba	.99257	.35573	.59459	.22615	
	Y	.97386	.45363	.99427	.91766	
	Nb	.97936	.03814	.94748	.90784	

C) Granite area.

1)		2 Year				
	Rb	Sr	Ba	Y	Nb	
3 Year	Rb	.76369	.88007	.74604	.10974	
	Sr	.79543	.36555	.99964	.72549	
	Ba	.70213	.12696	.34037	-.37540	
	Y	.86968	.39261	.96211	.74375	
	Nb	.21568	-.42023	.84673	.66957	
2)		4 Year				
	Rb	Sr	Ba	Y	Nb	
Average	Rb	.99923	-.48873	-.19170	-.17845	
	Sr	.97466	-.45422	-.15316	-.13982	
	Ba	.99532	.94847	.94995	.94565	
	Y	-.99096	-.93583	-.99929	.99991	
	Nb	.70592	.52959	.77109	-.79457	

Ba, Y에서 1 이상을, Rb, Nb에서 1 이하 값을 보였다. 4년생의 경우 Rb, Sr, Y에서 1 이상을, Ba, Nb에서 1 이하 값을 보였다. 즉 대부분 비호정 원소가 화강암 지역에서 우세

함을 보여주고 있다.

천매암 지역에 대한 화강암 지역의 함량의 비(화강암/천매암)에서 연생이 증가함에 따라 1 이상의 값을 갖는 원소수가

감소했다. 2 년생의 경우 Sr, Y에서 1 이상, Rb, Ba에서 1 이하 값을 보였다. 3 년생의 경우 Rb, Sr, Ba, Y에서 1 이상을, Nb에서 1 이하 값을 보였다. 즉 대부분 비호정 원소가 화강암 지역에서 우세함을 보여주고 있다. 4 년생의 경우 Sr, Y에서 1 이상을, Rb, Ba, Nb에서 1 이하 값을 보였다.

희토류 원소의 연구¹⁷⁾에서 동일 연생 인삼의 지역적 비교 시 2, 3 년생 모두 세일 지역이 높았고, 천매암 지역이 낮았다. 즉 2 년생의 경우 높은 값이 화강암 지역은 La와 Pr 이, 세일 지역은 그 외 대부분 원소에서 나타났고, 낮은 값이 천매암 지역의 전 원소에서 나타났다. 3 년생의 경우 높은 값이 세일 지역에서 전 원소에서 나타났고, 낮은 값이 화강암 지역에서 Yb, 천매암 지역의 기타원소에서 나타났다.

토양, 모암, 인삼과의 성분 관계

풍화토와 밭 토양의 관계: 일반적으로 풍화토에 대한 밭 토양의 상대적인 비(풍화토/밭 토양, Table 9A)에서 세일 및 천매암 지역 대부분 원소가 1 이상을 보였다. 각각을 살펴보면 세일 지역의 Sr(0.91), Ba(0.91)를 제외한 나머지 원소가 1 이상 값을 보였고, 천매암 지역은 Ba(0.82), Y(0.97)를 제외한 나머지 원소가 1 이상 값을 보였다. 화강암 지역은 Rb(0.68), Zr(0.87), Nb(0.83), Hf(0.85), Ta(0.72)를 제외한 나머지 원소에서 1 이상 값을 보였다. 즉 대부분의 풍화토가 밭토양 보다 높았다.

토양과 암석사이의 관계: 일반적으로 풍화토와 모암의 상대적인 비(풍화토/모암, Table 9B)에서 지역에 관계없이 대부

Table 9. Relative ratios between weathered and field soils(A), or host rocks(B) from the Keumsan area.

A)								
	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
SLW/SLF	1.019	0.907	0.912	1.121	1.083	1.074	1.083	1.080
PHW/PHF	1.164	1.168	0.816	0.970	1.151	1.103	1.136	1.078
GRW/GRF	0.683	1.266	1.330	1.047	0.873	0.830	0.848	0.718
B)								
	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Hf	Ta
SLW/SLR	1.326	2.192	0.602	2.066	2.361	1.951	2.420	1.955
PHW/PHR	0.760	0.636	1.199	1.683	1.414	1.345	1.453	1.368
GRW/GRR	1.343	1.054	2.119	1.758	1.395	1.110	1.275	0.906

#Abbreviations in the Table 1, 3, 5.

Table 10. Relative ratios between field soils(F) and ginsengs(G) from the Keumsan area.

A) Shale area					
	Rb	Sr	Ba	Y	Nb
SLF2-1/SLG2-1	38.53	19.65	38.92	391.16	1966.55
SLF2-2/SLG2-2	14.22	8.26	17.82	50.59	316.01
SLF2-3/SLG2-3	61.02	18.67	60.33	346.51	2031.41
SLF2(A)/SLG2(A)	26.32	13.20	30.21	117.43	704.40
SLF3-1/SLG3-1	22.56	9.12	30.07	534.45	1764.96
SLF3-2/SLG3-2	20.79	8.57	20.41	278.68	844.42
SLF3-3/SLG3-3	14.81	8.20	26.88	413.61	1745.96
SLF3(A)/SLG3(A)	18.86	8.62	25.14	382.65	1295.15
SLF4-1/SLG4-1	27.58	7.98	14.71	126.47	375.84
SLF4-2/SLG4-2	57.34	18.75	39.25	885.89	2849.11
SLF4-3/SLG4-3	41.71	13.63	24.50	538.11	1843.40
SLF4(A)/SLG4(A)	38.57	11.90	22.34	274.46	1046.53
SLF(A)/SLG(A)	25.75	11.05	25.36	192.25	947.99

#Alpabhet : 2(age)-1(locality).
#Abbreviations in the Table 1, 3, 5.

Table 10. Continued.

B) Phyllite area					
	Rb	Sr	Ba	Y	Nb
PHF2-1/PHG2-1	93.69	5.80	25.70	279.08	1061.30
PHF2-2/PHG2-2	154.22	6.60	23.99	361.66	1250.74
PHF2-3/PHG2-3	107.77	7.39	32.95	315.05	1540.43
PHF2(A)/PHG2(A)	113.45	6.53	27.09	314.81	1247.04
PHF3-1/PHG3-1	132.54	12.39	46.15	437.24	1853.02
PHF3-2/PHG3-2	117.63	11.17	35.88	353.03	1344.45
PHF3-3/PHG3-3	78.45	18.03	51.70	294.89	1361.51
PHF3(A)/PHG3(A)	104.36	13.29	43.54	352.69	1483.21
PHF4-1/PHG4-1	10.90	4.44	16.79	99.08	806.41
PHF4-2/PHG4-2	25.79	4.61	27.45	113.32	896.99
PHF4-3/PHG4-3	41.38	6.18	36.00	105.19	759.14
PHF4(A)/PHG4(A)	19.45	4.96	24.22	105.58	817.04
PHF(A)/PHG(A)	48.18	7.51	28.87	208.59	1151.39
C) Granite area					
	Rb	Sr	Ba	Y	Nb
GRF2-1/GRG2-1	144.51	5.97	36.28	20.41	-
GRF2-2/GRG2-2	311.56	8.52	65.31	37.64	-
GRF2-3/GRG2-3	272.30	6.34	127.78	21.74	-
GRF2(A)/GRG2(A)	216.76	6.77	59.23	24.54	-
GRF3-1/GRG3-1	34.42	13.97	177.05	201.88	3049.59
GRF3-2/GRG3-2	20.72	10.50	15.42	94.22	1404.43
GRF3-3/GRG3-3	20.69	7.65	49.28	128.17	2145.51
GRF3(A)/GRG3(A)	24.03	10.10	33.50	127.60	1978.36
GRF4-1/GRG4-1	16.84	5.36	49.25	102.09	1950.59
GRF4-2/GRG4-2	134.94	11.27	43.33	133.82	2704.60
GRF4-3/GRG4-3	61.16	9.42	28.85	41.07	753.76
GRF4(A)/GRG4(A)	36.35	7.87	38.30	70.42	1325.51
GRF(A)/GRG(A)	50.36	8.60	39.24	53.22	-

#Alphabet : 2(age)-1(locality).

#Abbreviations in the Table 1,3,5.

분 원소가 1 이상을 보였다. 각각을 살펴보면 세일 지역의 경우 Ba(0.60)을 제외한 나머지 전 원소비가 1 이상 값(주로 2.0-2.5)을 보였고, 천매암 지역의 경우 Rb(0.76), Sr(0.64)을 제외한 나머지 원소가 1 이상 값(1.3-1.8)을 보였다. 화강암 지역의 경우 Ta(0.91)를 제외한 나머지 원소에서 1 이상 값(1.2-1.8)을 보였다. 즉 대부분의 풍화도가 모암보다 높았고, 세일 지역의 경우 이런 경향이 우세하였다.

토양과 인삼의 성분과의 관계: 발토양과 인삼 함량 비(발 토양/인삼 함량)에서 일부 원소를 제외하고 세일 및 천매암 지역은 수 백 배 차이가 났고, 화강암 지역은 거의 대부분 원소에서 수 십 배 차이를 보였다(Table 10).

토양별로 전체 평균에 대한 비율을 살펴보면 세일 지역의 경우 Rb(25.7 배), Sr(11.1 배), Ba(25.4 배)는 수 십 배, Y(192.2 배), Nb(947.9 배)는 수 백 배의 차이로 토양이 인삼 보다 높았다. 천매암 지역의 경우 Nb(1151.4 배)는 수

천 배, Y(208.6 배)는 수 백 배, Rb(48.2 배), Ba(28.9 배)는 수 십 배 차이로 토양이 인삼보다 높았다. 화강암 지역의 경우 Rb(50.4 배), Ba(39.2 배), Y(53.2 배)는 수 십 배, Sr(8.6 배)은 수 배 차이로 토양이 인삼보다 높았다. 이 결과는 화강암 지역 인삼의 원소 함량이 천매암 및 세일 지역에 비해 토양에 가까웠음을 암시한다.

동일 지역 연생 차이를 고려해 볼 세일 지역 함량의 비(Table 10)는 수 십 배에서 수 백 배 차이로 토양이 인삼보다 월등히 높았음을 보여주고 있다. 큰 비율 차이가 2 년생의 Sr, Ba, 3 년생의 Y, Nb, 4 년생의 Rb에서 작은 비율 차이가 2 년생의 Y, Nb, 3 년생의 Rb, Sr, 4 년생의 Ba에서 나타났다. 3 지역 공히 Y(117.4-382.6 배), Nb(704.4-1295.2 배)에서 수 백 배, Rb(18.9-38.6 배), Ba(22.3-30.2 배)에서 수 십 배 차이를 보였다. 그 외에 Sr은 수 배에서 수 십 배의 차이를 나타냈다.

천매암 지역의 함량의 비(Table 10)는 수 십 배에서 수 백 배 차이를 보여 토양이 인삼보다 월등히 높았음을 보여주고 있다. 큰 비율 차이가 3 년생의 Rb, Sr, Ba, Y, Nb에서 작은 비율 차이가 4 년생의 Rb, Sr, Ba, Y, Nb에서 나타났다. 3 지역 공히 Y(105.6-382.7 배), Nb(817.0-1483.2 배)는 수 백 이상의 차이가, Ba(24.2-43.5 배)는 수 십 배 차이가 나타났다. 그 외에 Rb는 수 십 배에서 수 백 배, Sr는 수 배에서 수 십 배의 차이를 나타냈다.

화강암 지역의 함량의 비(Table 10)에서 일부 원소를 제외하고 수 십 배에서 수 백 배 차이를 보여 토양이 인삼보다 월등히 높았음을 보여주고 있다. 큰 비율 차이가 2 년생의 Rb, Ba, 3 년생의 Sr, Y, Nb에서, 작은 비율 차이가 2 년생의 Sr, Y, Nb, 3 년생의 Rb, Ba에서 나타났다. 3 지역 공히 수 십 배 차이가 Ba(33.5-59.2 배)에서 나타났다. 그 외의 Rb과 Y는 수 십 배에서 수 백 배, Sr은 수 배에서 수 십 배의 차이를 나타냈다. Nb는 3,4 년생에서 수 천 배의 차이를 보였다.

타 지역 동일 연생 별 비교에서 높은 비율이 2 년생의 경우 LFS는 화강암 지역이, HFS는 천매암 지역에서, 3 년생의 경우 LFS는 천매암 지역이, HFS는 화강암과 세일 지역이, 4 년생의 경우 LFS는 세일 지역이, HFS는 화강암 지역에서 나타났다.

희토류 원소의 연구¹⁷⁾에서 거의 대부분 원소가 인삼에 비해 토양에서 높았다. 원소 번호의 증가에 따라 지그재그 경향을 보이며 감소하는 경향을 보였고 전체적으로 인삼과 토양 사이에 유사한 차이의 변화를 보였다. 또한 각 지역적으로 보았을 때 적은 비율 차이가 세일에서, 큰 차이가 천매암 지역에서 나타났다. 지역에 관계없이 대체로 토양/상부 비보다, 토

양/하부 비가 컸다. 대체로 LREE 보다 HREE의 비율 차이가 컸다. 즉 이 결과 들은 세일 지역 인삼들이 가장 토양의 조성에 가까웠고 천매암 지역에서 인삼과 토양 사이의 차이가 가장 컸음을 암시하는 것으로 해석되었다.

요 약

풍화토양의 경우 화강암 지역이 타 지역에 비해 높았고, 상관관계수에서 지역에 관계없이 정의 관계가 우세하였으며, 전 지역 공히 Y-Nb, Nb-Ta 쌍에서 부의 상관관계를 보였다.

밭 토양의 경우 화강암 지역이 높았고, 세일 지역이 낮은 값을 보였다. 상관관계에서 화강암 지역은 많은 원소에서 정의 상관관계를 보였고, 지역에 관계없이 3 년생 지역에서 높은 유의성의 상관관계를 보였다.

모암의 경우 화강암 지역이 높았고, 세일 지역이 낮았다. 전 지역에서 Zr-Hf, Ta, Nb-Ta, Hf-Ta 쌍이 정의 상관관계를 보였다.

인삼의 함량은 연생에 따른 차이가 두드러졌다. 3 지역 공히 상관관계수에서 세일 지역은 Y-Nb 쌍이, 천매암 지역은 Rb-Y 쌍이, 화강암 지역은 Rb-Sr 쌍이 정의 관계를 보였다.

각 지역 동일 연생 별 성분 비교에서 화강암 지역이 세일 및 천매암에 비해 높았고, 천매암 및 세일 지역의 비교에서 2 년생은 세일이, 4 년생은 천매암 지역이 높았다.

대부분 원소에서 풍화토와 밭 토양의 비(풍화토/밭 토양)는 세일 및 천매암 지역에서, 토양/암석의 비(풍화토/모암)는 지역에 관계없이 풍화토가 높았다.

토양과 인삼의 비(밭 토양/인삼 함량)에서 일부 원소를 제외하고 세일 및 천매암 지역은 수 백 배 차이가 낮고, 화강암 지역은 거의 대부분 원소에서 수 십 배 차이를 보였다. 즉 함량의 비가 수 십 배에서 수 백 배 차이로 토양이 인삼보다 월등히 높았음을 보여주고 있다.

전체 평균에 대한 비율을 살펴보면 세일 지역은 Rb, Ba, Sr이 수 십 배, Y, Nb가 수 백 배의 차이로, 천매암 지역의 경우 Nb가 수 천 배, Y가 수 백 배, Rb, Ba가 수 십 배 차이로, 화강암 지역의 경우 Rb, Ba, Y가 수 십 배, Sr은 수 배 차이로 토양이 인삼보다 높았다. 이 결과는 화강암 지역 인삼의 원소 함량이 천매암 및 세일 지역에 비해 토양에 가까웠음을 암시한다.

동일 연생 별 비교에서 높은 비율이 2 년생의 경우 LFS는 화강암 지역이, HFS는 천매암 지역에서, 3 년생의 경우 LFS는 천매암 지역이, HFS는 화강암 지역과 세일 지역이, 4 년생의 경우 LFS는 세일 지역이, HFS는 화강암 지역에서 나타났다.

인용문헌

1. 이부용: 국내 인삼 산업의 현황 및 새로운 인삼제품 개발 전망. *식품 산업과 영향* 8(2), 1-9 (2003).
2. 최용의 정재훈: 인삼 생물 공학 기술의 최근 동향과 이를 이용한 식품소재 응용. *식품 산업과 영향* 8(2), 24-29 (2003).
3. 류기형: 국내, 외 홍삼제품 현황 및 홍삼화 공정. *식품 산업과 영향* 8(2), 38-42 (2003).
4. 박채규, 전병성, 양재원: 고려 인삼의 화학 조성. *식품 산업과 영향* 8(2), 10-23 (2003).
5. 박이성, 박종대, 양재원: 홍삼 효능 연구의 최근 현황과 그 전망. *식품 산업과 영향* 8(2), 30-37 (2003).
6. 이정규, 김나영, 한용남, 최중원: 홍삼의 전처리에 의한 사염화탄소 및 갈락토사민 유발 간독성에 대한 보호 효과. *고려인삼학회지* 27(1), 1-10 (2003).
7. 박경수, 고성권, 정성현: Multiple Low Dose Streptozotocin 으로 유도된 당뇨 흰 쥐에서 백삼, 홍삼, 화기삼의 항당뇨 활성 비교. *고려인삼학회지* 27(2), 56-61 (2003)
8. 한혜정, 이해준, 강성수, 이수한, 조익현, 이종환, 나승열, 박창현, 엄창섭, 배춘식: 홍삼 사포닌이 좌골 신경 재생에 미치는 영향. *식품 산업과 영향* 27(3), 103-109 (2003)
9. 박훈, 최병주: 인삼의 무기성분 분배에 대한 토양 수분의 영향. *고려인삼학회지* 7(1), 74-79 (1983).
10. 이일호, 육창수, 한강완, 박찬수, 박현석, 남기열: 인삼포지의 토양특성이 인삼의 생육 및 수량에 미치는 영향. *고려인삼학회지* 4(2), 175-185 (1980).
11. 양효원: 고려 인삼. *고려 인삼 연구 보고서*. 238 pp (1979).
12. 박훈, 이미자, 조병구, 이종률: 내백 수삼 전분의 특성. *고려인삼학회지* 18(3), 191-195 (1994).
13. 고성룡, 최강주, 김현경, 한강완: 인삼속 식물의 일반성분, 무기성분, 아미노산 및 유리당 함량조성. *고려인삼학회지* 20(1), 36-41 (1996).
14. 정열영, 정찬문, 고성을, 최광태: 고려인삼과 미국삼의 형질 특성 및 성분비교. *고려인삼학회지* 19(2), 160-164 (1995).
15. 송석환, 민일식, 이용규: 금산인삼의 전이원소 특성. *한국자원식물학회지* 16(1), 25-34 (2003).
16. 송석환, 민일식, 박관수, 유선균: 금산의 서로 다른 3 토양에서 생육되는 인삼의 전이원소 함량특성. *고려인삼학회지* 29(4), 192-205 (2005).
17. 송석환, 민일식, 유선균, 이용규: 금산인삼과 토양의 희토류 원소 함량관계. *고려인삼학회지* 30(1), 31-40 (2006).
18. 최석원, 김억수: 의학환경지구화학. 도서출판, 춘광, (1996).
19. Mason, B, and Moore, C. B.: Principles of Geochemistry. John Wiley and Sons, Inc., New York (1992).
20. Rollinson, H.R.: Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific. Technical., UK. (1993).
21. Hoffaman, E.L.: Instrumental neutron activation in geoanalysis. *J. Geochemical Exploration* 44, 297-319 (1997).
22. Deer, W. A., Howei, R. A. and Zussman, J.: An introduction to rock-forming minerals. Longman Grup Ltd., London 528 (1966).