

금산의 서로 다른 3 토양내에 생육되는 인삼의 전이원소 함량 특성

송석환# · 민일식* · 박관수** · 유선균***

#중부대학교 환경보건학과, *중부대학교 환경임산학과,
충남대학교 산림자원학과, *중부대학교 한방건강식품학과
(2005년 3월 25일 접수, 2005년 11월 29일 수리)

Characteristics of the transitional element contents for the ginsengs from the 3 different soils of Keumsan

Suckhwan Song[#], Eil-Sik Min^{*}, Gwan-Su Park^{**} and Sun-Kyun Yoo^{***}

[#]Dept. of Environmental Health, Joongbu University, Chungnam, 312-940

^{*}Dept. of Environment and Forest Products, Joongbu University, Chungnam, 312-940

^{**}Dept. of Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon, 305-764

^{***}Dept. of Oriental Medicine and Food Biotechnology, Joongbu University, Chungnam, 312-940

(Received March 25, 2005; Accepted November 29, 2005)

Abstracts : This study is for geochemical relationships between ginsengs and soils from three representative soil types from Keumsan, shale, phyllite and granite areas. For this study, ginsengs (2, 3 and 4 years), with the soils and their host rock, are collected and are analysed for the transitional elements. In the weathered soils, the shale area is high in the most of elements, but low in the granite area. High correlation relationships are shown in the shale area. In the field soils, the shale area is mainly high, but low in the granite area. Comparing with ages, most of elements are high in the 2 year soils, but low in the 4 year soils. Regardless of the localities, positive and negative correlations are dominant in the shale area. In the host rocks, high element contents are shown in the phyllite and shale areas. Positive and negative correlations are found in the shale and phyllite areas for large numbers of the element pairs. In the ginsengs, differences of the element contents with ages are not clear, but show high element contents in the 2 year ginsengs of the shale and phyllite areas, and low contents in the 4 year ginsengs of the granite area. Positive correlations are shown in the Cu-Zn pair in the shale and phyllite areas, and Co-Cu pair in the granite area. In the relative ratios(weathered soil/field soil), most of elements from the shale area are high, above 1, suggesting high element contents in the weathered soils of the shale area relative to the granite and phyllite areas. In the relative ratios(weathered soil/host rock), most of elements are above 1, suggesting the high element contents in the weathered soils relative to the host rocks. Relative ratios (soil/ginseng) of the element contents are several to ten times. Regardless of the areas, big differences of the relative ratios are found in the Co and small differences are in the Cu and Zn, which suggest that differences between soils and ginsengs are big in the Co contents and small in the Cu and Zn contents. Regardless of the ages, differences among relative ratios are small in granite area relative to the shale area, which suggest more similar contents between ginsengs and soils in the granite areas.

Key words : Keumsan, Transitional element, Shale, Phyllite, Granite, Ginsengs

서 론

오늘날 인삼은 세계적으로 인지되어 약용 또는 건강식품으

로 식탁에 오르내리고 있다. 지금까지 한국에서는 고려 인삼의 특성을 정확히 알기 위해 많은 연구들이 진행되어 왔다. 이 연구들로 토양의 물리, 화학적 성질과 관련된 인삼의 성장률, 인삼의 부위별 원소의 축적률 차이, 성분의 지역적 차이 등이 있다.

Lee 등¹⁾은 인삼의 생육 및 수량에 미치는 영향에서 높은 실트, 점토질 토양을 보이는 지역이 많은 자갈을 포함하는 토

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

양에 비해 높은 생육량과 수량 특성이 있음을 언급했다. Park and Choi²⁾는 인삼과 토양의 수분함량과의 관계에서 토양수분이 부족한 경우 Mg, Zn, Ca, Mg, N, P 순으로 지상부로의 분포가 억제되고 Fe, K, Mn 순으로 축진되었음을 지적했다.

Ko 등³⁾은 인삼의 화학성분 및 무기성분이 재배연수와 부위에 따라 차이가 나타나며, 이러한 재배지의 차이에 따른 무기성분의 흡수량은 토양의 차이에 기인한다고 언급하였다. Chung 등⁴⁾은 미국삼에 비해 고려인삼이 Ca, Na, Mn 함량에서 높으며, 무기성분 축적은 종에 따라 다르지만 생육단계에 따라 Fe는 개화초기보다 결실기에, Mn은 생육말기에 증가하는 것으로 보고하였다.

하지만 많은 연구들에도 불구하고 서로 다른 생육지역 인삼의 성분과 토양의 성분과의 관계는 거의 제한적이다^{5,6)}. 특히 전반적인 전이원소의 함량에 대한 접근은 드물다.

이 전이원소는 장주기형 주기율표에서 3A~7A족 및 8족 그리고 1B족에 속한 금속원소이다⁷⁾. 전자 배치에서 대부분 원소들은 M이나 N껍질에 전자가 채워지고 원자번호의 증가에 따라 안쪽의 전자 껍질에 전자수가 증가하며 원자가전자는 대부분 2개이다. 이들은 대부분 중금속으로 단단하며 녹는 점과 끓는점이 높다. 이 원소들은 최외각에 있는 전자만이 원자가전자의 역할을 하는 것이 아니라 안쪽의 전자도 원자가전자의 역할을 하므로 복잡한 원자가를 갖는다. 또한 여러 가지 착이온을 만들기 쉽고 수소보다 이온화 경향이 크다.

이 원소들은 마그마의 분화과정 중 초기에 정출된 유색광물인 감람석, 사방휘석, 단사휘석에 주로 농집되고 각섬석, 흑운모에 나타나기도 한다⁸⁾. 따라서 화성암 중 염기성암체에 주로 높은 함량을 보이며 그 외에도 위에 언급한 유색광물을 다량 함유하는 암석에서 높은 원소 함량을 보인다. 따라서 토양 중 이들 광물을 포함하는 지역은 특징적인 전이원소 함량이 두드러질 수밖에 없어 이곳에서 생육되는 식물도 두드러진 원소 함량 특성을 가질 것이다⁹⁾. 토양으로부터 이들 원소의 용탈은 pH에 의해 영향을 받아 산성의 경우 높은 용해도를 보여 주고 알칼리성의 낮은 용해도를 보인다¹⁰⁾.

따라서 본 연구에서는 금산 지역 중 대표적인 3 지역을 택하여 토양과 인삼을 채취하여 전이원소 성분에 대해 분석하여 둘 사이의 관계를 함량과 상관관계 측면에서 알아보고자 하였다. 경하에서 토양 시료는 지역별로 두드러진 차이를 나타냈다. 즉 화강암 지역은 장석류 및 석영류가 두드러졌고, 세일지역은 탄질물 및 유화 광물이 우세하였다. 각각을 살펴보면 화강암 지역 토양은 석영, 사장석, 흑운모 및 불투명 광물을 포함하고, 천매암 지역은 흑운모, 백운모, 석영, 사장석, 정장석, 녹리석, 방해석 및 불투명광물을 포함하였다. 세일 지역은 흑운모, 각섬석, 탄질물, 녹니석, 흑연 및 불투명광물과

황철석, 황동석 등의 유화광물을 포함하였다.

재료 및 방법

대조구 및 시료 선택

2003년 3월부터 2003년 7월까지 15회에 걸쳐 지질조사를 실시하고 인삼밭의 분포를 조사하여 시료를 채취하였다. 대조구로는 주라기의 화강암, 대덕리층의 천매암, 창리층의 세일, 3지역을 선정하였다. 인삼 시료는 2, 3, 4년 생으로 분류하여 각각 3지점에서 시료를 채취하였고, 인삼이 채취된 직 하부에서 토양 시료(밭토양)를 채취하였으며, 비교를 위해 인삼밭 주변에서 모암과 모암 가장 인접부에서 상부 토양 시료도 채취하였다.

시료채취 및 분석

인삼시료는 대조구내 각, 지점별로 10~15개의 뿌리를 채취하였으며 채취된 인삼 시료는 실험실에 가져와 증류수로 10회 이상의 세척을 한 후 7주간 충분히 기건 시켜 대표시료로 하였다. 분석 방법은 시료를 90°C로 건조시켜 파쇄한 후 15g을 칭량하여 약 30 ton으로 압축시켜 제조한 briquette에 15분간 $7 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 파장으로 빛을 조사하고 7일 후 부식된 시료를 INAA(Instrumental Neutron Activation Analysis)를 이용하여 분석하였다¹¹⁾.

밭 토양 시료는 인삼의 시료가 채취된 지점의 직 하부에서 약 1kg을, 상부 토양 시료는 2~15cm 깊이에서 약 1kg을 채취하였다. 채취된 토양 시료들은 잘 혼합시킨 후 실험실로 운반, 5주간 풍건 시킨 후 2mm체로 쳐 대표시료로 하였다. 모암 시료는 상부 토양시료가 채취된 지점 암석 중 가장 신선한 부분을 대표시료로 하였다.

준비된 토양 시료와 모암의 화학조성은 0.5g의 파우더 시료를 만들어 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 첨가하여 Thermo Jerrel Ash Enviro II ICP로 분석하였다.

결과 및 고찰

풍화 토양의 성분 및 상관관계

전체적으로 평균값에서 세일 지역이 높고 화강암 지역이 낮았다. 일반적으로 세일 지역이 화강암 및 천매암 지역에 비해 더욱 많은 원소에서 정 및 부의 상관관계를 보였다.

각 지역별 원소 함량을 비교한 결과는 Table 1에서와 같다. 세일 지역은 Co(15.70 ppm), Cu(43.59 ppm), V(153.17

ppm), As(15.07 ppm), 천매암 지역은 Sc(13.67 ppm), 화강암 지역은 Zn(318.19 ppm), Ga(22.31 ppm)에서 제일 높은 값을 보였다. 한편 세일 지역에서 Ga(16.91 ppm), 천매암 지역의 Zn(60.32 ppm), 화강암 지역의 Co(10.69 ppm), Cu(28.44 ppm), V(65.79 ppm), Sc(5.00 ppm)가 제일 낮은 값을 보였다.

위와 같은 높은 세일 지역과 낮은 화강암류내의 전이원소 함량은 토양내의 광물 조성을 반영한다. 즉 세일 지역에는

Co, V, As는 흑운모, 각섬석, 녹니석을 반영하며 Cu는 유화 광물의 존재를 반영한다^{8,9)}.

지역별 원소 함량에 대한 상관관계를 비교한 결과가 Table 2, 3에서와 같다. 세일 토양은 정의 관계가 Ni-Sc, Cr-As, Mo, Co-Cu, Zn, Cu-Zn, Zn-Sc, As-Mo 쌍에서, 부의 관계가 Ni-As, Mo, Cr-Co, Cu, Zn, Sc, Co-V, As, Cu-V, As, Zn-As, Mo, Sc-As, Mo 쌍에서 나타났다. 천매암 토양은 정

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

(unit: ppm)

	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	Ga	As	Mo
SLW2	44.31	59.96	15.98	44.84	329.40	150.56	13.10	17.02	14.91	4.56
SLW3	63.44	59.73	15.76	43.89	347.12	154.37	13.20	17.05	13.45	4.28
SLW4	48.08	61.31	15.37	42.05	218.61	154.57	12.70	16.66	16.85	4.75
SLW(Av)	51.94	60.33	15.70	43.59	298.38	153.17	13.00	16.91	15.07	4.53
PHW2	54.77	67.01	15.46	41.11	69.28	103.37	14.00	18.98	12.56	<2
PHW3	37.47	61.32	15.51	39.23	54.88	103.37	13.00	19.22	10.44	<2
PHW4	35.88	62.41	15.02	49.82	56.80	101.14	14.00	18.58	10.96	<2
PHW(Av)	42.70	63.58	15.33	43.39	60.32	102.63	13.67	18.93	11.32	-
GRW2	<20	<20	10.80	28.84	213.68	65.70	5.10	22.15	<5	<2
GRW3	<20	<20	10.90	28.70	350.08	67.46	4.70	22.61	<5	<2
GRW4	<20	<20	10.36	27.79	390.81	64.20	5.20	22.16	<5	<2
GRW(Av)	-	-	10.69	28.44	318.19	65.79	5.00	22.31	-	-
PHW/SLW	0.82	1.05	0.98	1.00	0.20	0.67	1.05	1.12	0.75	-
GRW/SLW	-	-	0.68	0.65	1.07	0.43	0.38	1.32	-	-

#Alphabet(2,3,4) means age of ginseng.

#Abbreviations: SL for shale, PH for phyllite and GR for granite areas.

Table 2. Correlation coefficients of transitional elements for the weathered phyllite and shale soils, Keumsan.

		Phyllite area								
		Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	As	Mo
Shale area	Ni		.99290	.36023	-.28999	.99815	.44865	.56013	.98287	-.37667
	Cr	-.45433		.24672	-.17411	.99830	.33917	.65468	.99781	-.26382
	Co	.00909	-.89493		-.99724	.30282	.99532	-.57102	.18212	-.99984
	Cu	-.00635	-.88793	.99988		-.23125	-.98541	.63038	-.10864	.99577
	Zn	.44757	-.99997	.89828	.89139		.39347	.60947	.99226	-.31963
	V	.61819	.41935	-.78037	-.78994	-.42622		-.48905	.27625	-.99688
	Sc	.75790	-.92549	.65924	.64755	.92260	-.04425		.70321	.55641
	As	-.70240	.95320	-.71814	-.70731	-.95089	.12527	-.99669		-.19949
	Mo	-.82500	.87827	-.57262	-.55989	-.87462	-.06579	-.99394	.98173	

Table 3. Correlation coefficients of transitional elements for the weathered granite and average soils, Keumsan.

		Average value				
		Co	Cu	Zn	V	Sc
Granite area	Co		.99850	-.50239	.85380	.99079
	Cu	.99995		-.54900	.82400	.99672
	Zn	-.53962	-.54761		.02120	-.61484
	V	.92312	.91942	-.17441		.77545
	Sc	-.93983	-.93654	.21952	-.99894	

#Average value means correlation coefficients calculated with average values of phyllite, shale and granite soils.

의 관계가 Ni-Cr, Zn, As, Cr-Zn, Sc, As, Co-V, Cu-Mo, Zn-As, Sc-As 쌍에서, 부의 관계가 Co-Cu, Mo, Cu-V, V-Mo 쌍에서 나타났다. 화강암 토양은 정의 관계가 Co-Cu, V, Cu-V 쌍에서, 부의 관계가 Co-Sc, Cu-Sc, V-Sc 쌍에서 나타났다. 3지역 평균치에서는 정의 관계가 Co-Cu, V, Sc, Cu-V, Sc, V-Sc 쌍에서 나타났다. 지역에 관계없이 3 지역 모두, Co-Cu, Co-V, Cu-V 쌍에서 정 및 부의 관계가 나타났다.

밭 토양의 성분 및 상관관계

원소 함량에서 연생별 토양 비교시 2년생 토양이 대부분 원소에서 높았고 4년생이 낮았는데 이런 경향은 세 지역 중 세일 지역이 우세했으며 화강암 지역이 제일 불명확 했다. 그리고 세일 지역이 천매암 및 화강암 지역에 비해 더욱 많은 원소에서 유의성이 있는 상관관계를 보였다.

밭토양에서 지역별 원소 함량을 비교한 결과는 Table 4, 7, 10에서와 같이 평균값에서 세일 지역이 높고 화강암 지역이 낮았다. 세일 지역은 Co(15.17 ppm), Zn(207.76 ppm), V(141.54 ppm), 천매암 지역은 Cu(48.62 ppm), Sc(13.67 ppm), 화강암 지역은 Ga(22.78 ppm)에서 제일 높은 값을 보였다. 그리고 세일 지역에서 Ga(16.76 ppm), 천매암 지역의 Zn(84.39 ppm), 화강암 지역의 Co(6.45 ppm), V(43.24 ppm), Sc(4.78 ppm)가 제일 낮은 값을 보였다.

전체적으로 세일 지역내의 높은 원소 함량은 이들 원소들을 포함하는 광물 즉 흑운모, 각섬석의 높은 함량을 반영한다.

세일과 같은 퇴적 기원 암석의 미량원소 특징은 퇴적 물질 내의 광물 조성, 흡수특성, 퇴적물이 퇴적 될 당시의 중금속 농도, 기질에 좌우 된다. 일반적인 점토 및 세일은 금속이온의 흡수 능력 때문에 비교적 많은 원소 함량을 갖는다¹⁰⁾. 특

히 금산지역과 같은 흑색(bituminous)세일은 금속 및 금속류인 Ag, As, Cd, Cu, Pb, Mo, U, Zn 등에 대해 높은 함량을 보인다. 이들 암석을 형성시키기 위한 퇴적물은 중금속의 흡착제(adsorbent)로서, 미생물의 기질(substrate)로서 작용한다. 특히 후자는 환원 환경을 촉진시켜 이 결과 금속 유기광물의 침전을 통해 더욱 중금속의 축적을 유도한다. 기존 연구들은 옥천의 함 우라늄 흑색 세일 내의 0.4-46 mg/kg Cd, 0.1-992.0 mg/kg Mo, <0.1-41 mg/kg Se 함량을 포함한다고 지적했다¹⁰⁾. 그 외의 추가적인 연구들도 세일 지역 토양내의 중금속 독성 원소들이 부화되어 있음을 언급하고 있다^{12, 13)}.

가. 세일 지역

원소 함량에서 2년생과 4년생 토양 사이의 차이가 두드러졌다. 평균값(Table 4)에서 2년생 토양의 Ni(51.07 ppm), Co(17.81 ppm), Cu(54.64 ppm), Zn(342.61 ppm), V(166.20 ppm), Sc(12.67 ppm), As(15.40 ppm), Mo(5.04 ppm)에서 제일 높았고, 4년생 토양의 Ni(39.42 ppm), Co(13.57 ppm), Cu(34.95 ppm), Zn(107.29 ppm), V(118.12 ppm), Sc(12.00 ppm), As(12.64 ppm), Mo(<2 ppm)에서 제일 낮았다.

그 외에 가장 높은 원소 함량이 4년생 지역은 Cr(65.79 ppm), Ga(17.32 ppm), 가장 낮은 원소 함량이 2년생 지역은 Cr(60.49 ppm), 3년생 지역은 Ga(16.01 ppm)에서 나타났다.

이런 세일 지역 토양내의 연생에 따른 원소 함량 변화는 다년생으로 한 곳에서 수년을 자라는 인삼을 고려했을 때 시간에 따라 토양으로부터 토양수로의 전이 원소가 용출 차이를 보이기 때문으로 볼 수 있다. 한편 기존 연구들은 산성 토양환경에서의 Ni활동도가 pH가 감소함에 따라 증가함을 암시한다¹⁴⁾. 이곳 세일 지역의 토양의 pH는 5.9-7.1이다¹⁵⁾.

Table 4. Analytical results of the field soils(F) from the shale areas(SL), Keumsan. (unit: ppm)

	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	Ga	As	Mo
SLF2-1	55.68	61.03	17.70	54.30	332.66	168.03	12.00	17.19	11.68	4.66
SLF2-2	50.38	63.02	18.64	56.51	346.87	169.54	13.20	17.25	17.84	5.39
SLF2-3	47.15	57.41	17.08	53.10	348.31	161.02	12.80	16.44	16.70	5.08
SLF2(Av)	51.07	60.49	17.81	54.64	342.61	166.20	12.67	16.96	15.40	5.04
SLF3-1	40.79	62.19	14.71	41.14	216.52	144.89	12.20	16.74	13.37	3.57
SLF3-2	43.49	60.44	14.12	38.51	131.35	140.08	11.70	15.68	13.21	2.89
SLF3-3	42.73	61.64	13.51	38.43	172.31	135.97	12.10	15.60	12.56	3.64
SLF3(Av)	42.33	61.42	14.12	39.36	173.39	140.31	12.00	16.01	13.05	3.37
SLF4-1	47.06	67.94	12.68	31.72	116.54	118.89	12.10	17.45	11.74	<2
SLF4-2	36.84	64.95	12.57	31.64	83.17	118.93	11.70	17.16	13.26	<2
SLF4-3	34.36	64.46	15.47	41.51	122.15	116.53	12.20	17.36	12.93	<2
SLF4(Av)	39.42	65.79	13.57	34.95	107.29	118.12	12.00	17.32	12.64	-
SLF(Av)	44.27	62.56	15.17	42.98	207.76	141.54	12.22	16.76	13.70	-

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

Table 5. Correlation coefficients of transitional elements for the field soils of the shale areas in the 2 and 3 years old.

		3 year								
		Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	As	Mo
2 year	Ni		-.89676	-.68975	-.95463	-.97476	-.72844	-.65768	-.42118	-.65596
	Cr	.52320		.29813	.72429	.97292	.35006	.92313	-.02366	.92225
	Co	-.12768	.77843		.87407	.51070	.99849	-.09179	.94720	-.09407
	Cu	.21338	.94422	.94173		.86406	.89941	.40352	.67216	.40143
	Zn	-.95502	-.24696	.41604	.08592		.55711	.80925	.20808	.80790
	V	.67514	.98190	.64545	.86476	-.42602		-.03701	.92818	-.03930
	Sc	-.93338	-.18249	.47512	.15146	.99782	-.36541		-.40622	.99999
	As	-.84768	.00861	.63440	.33742	.96687	-.18094	.98160		-.40831
	Mo	-.68133	.26733	.81298	.56974	.86774	.07998	.89864	.96587	

Table 6. Correlation coefficients of transitional elements for the field soils of the shale areas in the 4 years old.

		Average value							
		Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	As
4 year	Ni		-.80222	.99247	.99457	.99171	.97208	.96757	.99457
	Cr	.99850		-.72306	-.73572	-.71885	-.91991	-.62540	-.73573
	Co	-.62520	-.58149		.99983	.99998	.93602	.99122	.99983
	Cu	-.64560	-.60278	.99965		.99970	.94238	.98861	.99999
	Zn	.20340	.25676	.63698	.61639		.93387	.99201	.99970
	V	.63985	.59677	-.99982	-.99997	-.62228		.88129	.94238
	Sc	-.94331	-.92370	.84881	.86248	.13311	-.85866		.98860
	As	-.92371	-.94332	.27853	.30380	-.56296	-.29664	.74420	
	Mo	-.98904	-.97946	.73360	.75130	-.05659	-.74632	.98198	.85702

#Average value means correlation coefficients calculated with average values of 2, 3 and 4 year soils.

각 성분별 상관관계를 보면(Table 5, 6) 2년생 토양은 정의 관계가 Ni-V, Cr-Co, Cu, V, Co-Cu, Mo, Cu-V, Zn-Sc, As, Mo, Sc-As, Mo, As-Mo 쌍에서, 부의 관계가 Ni-Zn, Sc, As, Mo 쌍에서 나타났다. 3년생 토양은 정의 관계가 Cr-Cu, Zn, Sc, Mo, Co-Cu, V, As, Cu-Zn, V, As, Zn-Sc, Mo, V-As, Sc-Mo 쌍에서, 부의 관계가 Ni-Cr, Co, Cu, Zn, V, Sc, Mo 쌍에서 나타났다.

4년생 토양은 정의 관계가 Ni-Cr, Co-Cu, Sc, Mo, Cu-Sc, Mo, Sc-As, Mo, As-Mo 쌍에서, 부의 관계가 Ni-Sc, As, Mo, Cr-Sc, As, Mo, Co-V, Cu-V, V-Sc, Mo 쌍에서 나타났다. 평균값에서 정의 관계가 Ni-Co, Cu, Zn, V, Sc, As, Co-Cu, Zn, V, Sc, As, Cu-Zn, V, Sc, As, Zn-V, Sc, As, V-Sc, As, Sc-As 쌍에서, 부의 관계가 Ni-Cr, Cr-Co, Cu, Zn, V, As 쌍에서 나타났다.

지역에 관계없이 3 지역 모두, Co-Cu, Cu-V, Sc-Mo 쌍에서 정 및 부의 관계가 나타났다. 평균값을 포함한 3 지역 모두를 고려했을 때 정의 관계가 Co-Cu, Sc-Mo 쌍에서 나타났다. 이 관계는 지역에 관계없이 토양내에서 Co-Cu, Sc-Mo 쌍

들은 절대함량 증가에서 서로 정의 관계가 있음을 암시한다.

나. 천매암 지역

연생별 원소 함량 비교에서 2년생 토양은 높은 함량의 원소가 많았고 4년생 토양은 낮은 함량의 원소가 많았다(Table 7).

평균값에서 제일 높은 원소 함량이 2년생 토양의 Co(15.74 ppm), Cu(65.55 ppm), Sc(15.33 ppm), Ga(19.66 ppm), 3년생 토양의 Ni(51.82 ppm), Cr(71.91 ppm), V(116.07 ppm), 4년생 토양의 Zn(99.47 ppm), As(69.17 ppm)가, 제일 낮은 원소 함량이 2년생 토양의 Zn(69.75 ppm), V(108.84 ppm), As(<6.38 ppm), 4년생 토양의 Ni(31.37 ppm), Cr(60.45 ppm), Co(12.71 ppm), Cu(37.38 ppm), Sc(11.67 ppm), Ga(15.70 ppm)에서 나타났다.

각 성분간의 상관관계(Table 8, 9)에 대해 알아보면 2년생 토양내 정의 관계가 Ni-Cr, Zn, As, Cr-Zn, Co-Cu, V, Sc, Cu-V, Sc, V-Sc 쌍에서, 부의 관계가 Ni-Co, Cu, V, Sc, Co-As, Cu-As, V-As, Sc-As 쌍에서 나타났다.

3년생 토양은 정의 관계가 Ni-Cr, V, As, Co-Cu, Zn, Cu-

Table 7. Analytical results of the field soils(F) from the phyllite areas(PH), Keumsan. (unit: ppm)

	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	Ga	As	Mo
PHF2-1	47.07	63.25	15.62	61.89	71.76	106.86	15.10	19.97	7.34	<2
PHF2-2	40.93	61.13	15.73	63.29	67.62	108.31	15.00	19.67	6.81	<2
PHF2-3	38.72	62.23	15.87	71.47	69.89	111.35	15.90	19.34	<5	<2
PHF2(Av)	42.24	62.21	15.74	65.55	69.75	108.84	15.33	19.66	-	-
PHF3-1	36.25	65.72	15.89	44.73	127.24	116.13	14.10	19.13	9.60	<2
PHF3-2	80.62	81.34	14.55	40.33	53.00	117.06	13.90	18.86	12.56	<2
PHF3-3	38.59	68.68	15.88	43.72	71.57	115.01	14.20	19.17	6.33	<2
PHF3(Av)	51.82	71.91	15.44	42.93	83.94	116.07	14.00	19.05	9.50	-
PHF4-1	30.12	59.43	12.58	36.39	86.77	109.77	11.00	15.73	57.97	<2
PHF4-2	32.02	61.98	13.11	38.86	99.64	111.37	12.10	15.78	77.91	<2
PHF4-3	31.96	59.95	12.44	36.88	111.98	107.12	11.90	15.58	71.65	<2
PHF4(Av)	31.37	60.45	12.71	37.38	99.47	109.42	11.67	15.70	69.17	-
PHF(Av)	41.81	64.86	14.63	48.62	84.39	111.44	13.67	18.14	-	-
PHF/SLF	0.94	1.04	0.96	1.13	0.41	0.79	1.12	1.08	-	-

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

Table 8. Correlation coefficients of transitional elements for the field soils of the phyllite areas in the 2 and 3 years old.

		3 year							
		Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	As
2 year	Ni		.74529	-.99918	-.98490	-.72648	.81159	-.45887	.82579
	Cr	.69408		-.71776	-.84948	-.99961	.21533	.25041	.23942
	Co	-.94457	-.41927		.97710	.69814	-.83451	.49437	-.84789
	Cu	-.79412	-.11367	.94963		.83449	-.69817	.29810	-.71566
	Zn	.66925	.99942	-.38822	-.07989		-.18812	-.27721	-.21236
	V	-.89292	-.29566	.99123	.98271	-.26307		-.89151	.99969
	Sc	-.71076	.01308	.90230	.99195	.04700	.95135		-.88003
	As	.86495	.23906	-.98177	-.99188	.20597	-.99827	-.96780	

Table 9. Correlation coefficients of transitional elements for the field soils of the phyllite areas in the 4 years old.

		Average value							
		Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	As
4 year	Ni								
	Cr		.91434	.83801	.22160	-.55306	.80670	.65672	-.86229
	Co		.67838		-.19226	-.16830	.97691	.29508	-.58336
	Cu		.34477	.92355		.71779	-.91807	.35357	-.99894
	Zn		.67417	.99998	.92573		-.93499	-.39750	-.68491
	V		.85810	.20485	-.18616	.19925		.04621	-.99151
	Sc		.39763	.94388	.99838	.94575	-.12994		.08411
	As		.99982	.66424	.32680	.65996	.86774	.38005	
		.95989	.85717	.59413	.85421	.67971	.63895	.95436	

#Average value means correlation coefficients calculated with average values of 2, 3 and 4 year soils.

Zn, V-As 쌍에서, 부의 관계가 Ni-Co, Cu, Zn, Cr-Co, Cu, Zn, Co-V, As, Cu-V, As, V-Sc, Sc-As 쌍에서 나타났다.

4년생 토양은 정의 관계가 Ni-Cr, Cu, Zn, Sc, As, Cr-Co, Cu, V, Sc, As, Co-Cu, V, Cu-V, Sc, As, Zn-Sc, As, Sc-As 쌍에서 나타났다. 평균값에서 정의 관계가 Ni-Cr, Co, V, Sc,

Cr-V, Co-Cu, Sc, Cu-Sc, Zn-As 쌍에서, 부의 관계는 Ni-As, Co-Zn, Cu-Zn, As, Zn-Sc, Sc-As 쌍에서 나타났다.

지역에 관계없이 3지역 모두, Ni-Cr, Cu, Zn, As, Co-Cu, V, Cu-V, As, Sc-As 쌍에서 정 및 부의 관계가 나타났다. 특히 Ni-Cr, As, Co-Cu 쌍에서 공히 정의 관계가 나타났다.

Table 10. Analytical results of the field soils(F) from the granite areas(GR), Keumsan.

(unit: ppm)

	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	Ga	As	Mo
GRF2-1	<20	<20	5.03	<10	115.47	32.29	2.90	25.66	<5	<2
GRF2-2	<20	<20	4.72	<10	117.98	30.71	4.00	24.62	<5	<2
GRF2-3	<20	<20	4.60	<10	125.42	30.26	3.10	24.62	<5	<2
GRF2(Av)	-	-	4.78	-	119.62	31.09	3.33	24.97	-	-
GRF3-1	<20	<20	6.99	18.75	95.71	52.26	4.90	21.99	<5	<2
GRF3-2	<20	<20	7.28	15.22	115.31	56.62	5.20	21.40	<5	<2
GRF3-3	<20	<20	7.18	15.87	98.80	52.78	5.10	20.45	<5	<2
GRF3(Av)	-	-	7.15	16.61	103.27	53.88	5.00	21.28	-	-
GRF4-1	<20	<20	7.20	11.73	100.59	44.81	7.00	21.86	<5	<2
GRF4-2	<20	<20	7.47	12.19	110.79	43.67	6.00	21.72	<5	<2
GRF4-3	39.58	<20	7.62	11.93	100.26	45.80	5.00	22.74	<5	<2
GRF4(Av)	-	-	7.43	11.95	103.88	44.76	6.00	22.11	-	-
GRF2-3 Dup	<20	<20	4.65	<1.00	110.45	34.88	4.00	23.25	<5	<2
GRF(avg)	-	-	6.45	-	108.92	43.24	4.78	22.78	-	-
GRF/SLF	-	-	0.31	-0.02	0.53	0.25	0.33	1.39	-	-

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

평균값을 포함한 3지역 모두를 고려했을 때 정의 관계가 Ni-Cr 쌍에서 나타났다. 이 관계는 지역에 관계없이 토양내에서 Ni-Cr 쌍들은 서로 절대함량 증가에서 정의 관계가 있음을 암시한다.

다. 화강암 지역

3 지역 토양 중 연생 토양의 차이가 가장 명확하지 않았으나 2년생 토양은 높은 원소가 많았다(Table 10).

평균값에서 제일 높은 원소 함량이 2년생 토양의 Zn(119.62 ppm), Ga(24.97 ppm), 3년생 토양의 Cu(16.61 ppm), V(53.88 ppm), 4년생 토양의 Co(7.43 ppm), Sc(6.00 ppm)에서 나타났다. 제일 낮은 원소 함량이 2년생 토양의 Co(4.78 ppm), Cu(<10 ppm), V(31.09 ppm), Sc(3.33 ppm), 3년생 토양의 Zn(103.27 ppm), 4년생 토양의 Ga(22.11 ppm)에서 나타났다.

각 성분간 상관관계(Table 11, 12)에 대해 알아보면 2년생 토양은 정의 관계가 Co-V, Ga, V-Ga 쌍에서, 부의 관계가 Co-Zn, Zn-V, Ga 쌍에서 나타났다. 3년생 토양은 정의 관계가 Co-Zn, V, Zn-V 쌍에서, 부의 관계가 Co-Cu, Cu-Zn, V, Zn-Sc, V-Sc 쌍에서 나타났다. 4년생 토양은 정의 관계가 Co-Ga, Cu-Zn, Zn-Sc, V-Ga 쌍에서, 부의 관계가 Zn-V, V-Sc, Sc-Ga 쌍에서 나타났다. 평균값에서 정의 관계가 Co-V, Sc, Zn-Ga, V-Sc 쌍에서, 부의 관계가 Co-Zn, Ga, Zn-V, Sc, V-Ga, Sc-Ga 쌍에서 나타났다.

모암의 성분 및 상관관계

전체적으로 원소 함량에서 세일 및 천매암 지역이 화강암 지역 보다 높았다. 상관관계에서 세일 및 천매암 지역이 화강

Table 11. Correlation coefficients of heavy metal elements for the field soils of the granite areas in 2 years old.

		Average value			
		Co	Zn	V	Sc
2 year	Co				
	Zn	-.86361			
	V	.99813	-.83117		
	Sc	-.24719	-.27503	-.30597	

#Average value means correlation coefficients calculated with average values of 2, 3 and 4 year soils.

Table 12. Correlation coefficients of heavy metal elements for the field soils of the granite areas in 3 and 4 years old.

		4 year				
		Co	Cu	Zn	V	Sc
3 year	Co					
	Cu	-.98517				
	Zn	.87672	-.78118			
	V	.82728	-.71862	.99551		
	Sc	-.33942	.17299	-.75003	-.80924	

암 지역에 비해 더욱 많은 원소 쌍에서 유의성이 있는 정 및 부의 관계를 보였다. 세일 및 천매암 지역의 비교에서는 세일 지역이 우세하였다.

원소 함량에 대해 각각(Table 13)을 살펴 보면 세일 지역의 Zn(89.89 ppm), V(272.42 ppm), Mo(10.20 ppm), 천매암 지역의 Cr(67.08 ppm), Co(9.10 ppm), Cu(38.93 ppm), Sc(11.67 ppm), 화강암 지역의 Ga(15.44 ppm)에서 제일 높은 값을 보였다. 세일 지역은 Ga(10.72 ppm), 화강암 지역은 Cu(8.54 ppm)에서 제일 낮은 값을 보였다.

상관관계에 대해 각각(Table 14)을 살펴보면 세일 지역에서 정의 관계가 Cr-V, Sc, Ga, Co-Cu, Zn, Mo, Cu-Zn, Mo,

Zn-Mo, V-Sc, Ga, Sc-Ga 쌍에서, 부의 관계가 Cr-Mo, V-Mo, Ga-Mo 쌍에서 나타났다. 천매암 지역은 정의 관계가

Table 13. Analytical results of the host rocks(R) from the Keumsan area. (unit: ppm)

	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	Ga	As	Mo
SLR2	<20	34.63	1.22	20.03	38.94	107.75	5.00	8.62	<5	9.17
SLR3	31.96	33.88	2.88	30.51	154.10	113.56	7.00	8.69	5.31	17.42
SLR4	<20	61.48	1.50	24.60	76.63	595.94	12.00	14.84	<5	4.01
SLR(Av)	-	43.33	1.87	25.05	89.89	272.42	8.00	10.72	-	10.20
PHR2	48.87	74.66	9.81	71.56	33.48	79.70	13.00	15.80	<5	2.53
PHR3	45.56	78.99	13.12	17.29	-30.00	62.43	16.00	15.15	<5	<2
PHR4	79.86	47.57	4.37	27.96	38.17	39.82	6.00	8.35	<5	<2
PHR(Av)	58.10	67.08	9.10	38.93	13.88	60.65	11.67	13.10	-	-
GRR2	<20	<20	4.16	<1.00	75.52	12.68	2.00	14.47	<5	<2
GRR3	<20	<20	<1	15.27	<30	<5	<1	10.14	<5	2.32
GRR4	<20	<20	8.43	11.37	101.28	62.31	5.00	21.72	<5	<2
GRR(Av)	-	-	-	-	-	-	-	15.44	-	-
PHR/SLR	-	1.55	4.88	1.55	0.15	0.22	1.46	1.22	-	-
GRR/SLR	-	-	-	0.34	-	-	-	1.44	-	-

#Alphabet(2,3,4) means age of ginseng.

#Abbreviations: SL for shale, PH for phyllite and GR for granite areas.

Table 14. Correlation coefficients of heavy metal elements from the shale and phyllite areas among the host rocks.

		Shale area						
		Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc
Phyllite area	Cr	-.99920		-.38527	-.10360	-.22501	.99918	.95199
	Co	-.95640	.96729		.95775	.98583	-.34762	-.08427
	Cu	-.24680	.20795	-.04699		.99242	-.06328	.20586
	Zn	.93913	-.95208	-.99852	.10116		-.18541	.08408
	V	-.85911	.83801	.67217	.70800	-.63097		.96359
	Sc	-.97823	.98573	.99619	.04032	-.98998	.73419	

Table 15. Analytical results of the ginsengs(G) in the shale area (SL) from the Keumsan area. (unit: ppm)

	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	Ga	As	Mo
SLG2-1	<5	<10	0.11	5.10	10.76	<10	<0.5	<0.1	<3	0.24
SLG2-2	<5	14.79	0.43	14.66	39.25	10.45	<0.5	0.26	<3	0.43
SLG2-3	<5	<10	0.10	5.24	9.25	<10	<0.5	<0.1	<3	0.23
SLG2(Av)	-	-	0.22	8.34	19.76	-	-	-	-	0.30
SLG3-1	<5	<10	0.10	9.45	13.59	<10	<0.5	<0.1	<3	0.20
SLG3-2	<5	<10	0.14	9.23	13.47	<10	<0.5	<0.1	<3	0.12
SLG3-3	<5	<10	0.09	6.48	9.46	<10	<0.5	<0.1	<3	0.12
SLG3(Av)	-	-	0.11	8.39	12.17	-	-	-	-	0.14
SLG4-1	<5	<10	0.19	4.80	15.75	<10	<0.5	0.10	<3	0.19
SLG4-2	<5	<10	0.09	2.11	6.46	<10	<0.5	<0.1	<3	<0.1
SLG4-3	<5	<10	0.11	2.90	8.26	<10	<0.5	<0.1	<3	<0.1
SLG4(Av)	-	-	0.13	3.27	10.16	-	-	-	-	-
SLG(AV)	-	-	0.15	6.66	14.03	-	-	-	-	-
SLG3(AV)/SLG2(AV)	-	-	0.52	1.01	0.62	-	-	-	-	-
SLG4(AV)/SLG2(AV)	-	-	0.61	0.39	0.51	-	-	-	-	-

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

Ni-Zn, Cr-Co, V, Sc, Ga, Co-V, Sc, Ga, Cu-V, V-Sc, Ga, Sc-Ga 쌍에서, 부의 관계가 Ni-Cr, Co, V, Sc, Ga, Cr-Zn, Co-Zn, Zn-Sc, Ga 쌍에서 나타났다.

인삼의 성분 및 상관관계

전체적으로 지역별 차이가 두드러지는 않았으나 세일 및 천매암 지역은 2년생이, 화강암 지역은 4년생이 높은 함량의 원소가 많았다.

가. 세일 지역

대부분 원소 함량에서 2년생은 높고 4년생은 낮았다(Table 15). 연생의 비교에서 2년생은 Cr(~11.59 ppm), Co(0.22

Table 16. Correlation coefficients of heavy metal elements for the ginsengs from the shale area in 2 and 3 years old.

		3 year			
		Co	Cu	Zn	Mo
2 year	Co		.60296	.63514	-.32733
	Cu	.99922		.99916	.55646
	Zn	.99984	.99835		.52194
	Mo	.99984	.99837	.99999	

Table 17. Correlation coefficients of heavy metal elements for the ginsengs from the shale area in 4 years old.

		Average value		
		Co	Cu	Zn
4 year	Co		.33688	.93185
	Cu	.99504		.65556
	Zn	.99998	.99439	

#Average value means correlation coefficients calculated with average values of 2,3 and 4 year ginsengs.

ppm), Zn(19.76 ppm), V(10.15 ppm), Mo(0.3 ppm)에서 제일 높았고, 4년생은 Cr(<10 ppm), Cu(3.27 ppm), Zn(10.18 ppm), V(<10 ppm), Mo(~0.13 ppm)에서 제일 낮았다. 3년생은 제일 높은 값이 Cu(8.39 ppm)에서, 제일 낮은 값이 Co(0.11 ppm), V(<10 ppm)에서 나타났다.

상관계수(Table 16, 17)에서 2년생은 Co, Cu, Zn, Mo 쌍 모두에서, 3년생 토양은 Cu-Zn 쌍에서 정의 관계가 나타났다. 4년생 토양은 Co, Cu, Zn 원소 쌍 모두에서, 평균값은 Co-Zn, Cu-Zn 쌍에서 정의 관계를 보였다. 지역에 관계없이 3 지역 모두, Cu-Zn 쌍에서 정의 관계가 나타났다. 3 지역과 평균값을 포함한 모두, Cu-Zn 쌍에서 정의 관계가 나타났다. 이 관계는 지역에 관계없이 인삼내에서 이들 Cu-Zn 쌍들이 절대함량 증가에 따라 정의 관계가 있음을 암시한다.

나. 천매암 지역

대부분 원소 함량에서 2년생은 높고 3년생은 낮았다(Table 18). 연생의 비교에서 2년생은 Co(0.18 ppm), Cu(16.83 ppm), Zn(19.21 ppm), 4년생은 Mo(0.13 ppm)에서 제일 높았다. 제일 낮은 값이 3년생은 Co(0.14 ppm), Zn(10.82 ppm), Mo(<0.1 ppm), 4년생은 Cu(6.88 ppm)에서 나타났다.

Table 19. Correlation coefficients of heavy metal elements for the ginsengs from the phyllite area in 2 and 3 years old.

		3 year		
		Co	Cu	Zn
2 year	Co		.98993	.92531
	Cu	.97557		.96968
	Zn	.96049	.99817	

Table 18. Analytical results of the ginsengs(G) in the phyllite area (PH) from the Keumsan area.

(unit: ppm)

	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	Ga	As	Mo
PHG2-1	<5	<10	0.19	18.12	20.10	<10	<0.5	<0.1	<3	0.14
PHG2-2	<5	<10	0.19	19.77	21.90	<10	<0.5	<0.1	<3	<0.1
PHG2-3	<5	<10	0.15	12.60	15.62	<10	<0.5	<0.1	<3	<0.1
PHG2(Av)	-	-	0.18	16.83	19.21	-	-	-	-	-
PHG3-1	<5	<10	0.16	13.39	13.57	<10	<0.5	<0.1	<3	<0.1
PHG3-2	<5	<10	0.15	11.06	10.50	<10	<0.5	<0.1	<3	<0.1
PHG3-3	<5	<10	0.12	7.24	8.40	<10	<0.5	<0.1	<3	<0.1
PHG3(Av)	-	-	0.14	10.56	10.82	-	-	-	-	-
PHG4-1	<5	<10	0.15	7.12	17.06	<10	<0.5	0.11	<3	0.14
PHG4-2	<5	<10	0.16	5.34	11.00	<10	<0.5	<0.1	<3	0.15
PHG4-3	<5	<10	0.17	8.17	14.68	<10	<0.5	0.11	<3	<0.1
PHG4(Av)	-	-	0.16	6.88	14.24	-	-	-	-	-
SLG(Av)	-	-	0.16	11.42	14.76	-	-	-	-	-
PHG3(Av)/PHG2(Av)	-	-	0.81	0.63	0.56	-	-	-	-	-
PHG4(Av)/PHG2(Av)	-	-	0.91	0.41	0.74	-	-	-	-	-

Table 20. Correlation coefficients of heavy metal elements for the ginsengs from the phyllite area in 4 years old.

		Average value		
		Co	Cu	Zn
4 year	Co		.62315	.99436
	Cu	.36698		.70259
	Zn	-.38976	.71363	

#Average value means correlation coefficients calculated with average values of 2, 3 and 4 year ginsengs.

상관계수(Table 19, 20)에서 2년생과 3년생은 Co, Cu, Zn 원소 쌍에서, 4년생 토양은 Cu-Zn 쌍에서 정의 관계가 나타났다. 평균값에서 정의 관계가 Co-Zn, Cu-Zn 쌍에서 나타났다. 3 지역과 평균값을 포함한 모두에서 Cu-Zn 쌍이 정의 관계를 나타냈다. 이 관계는 지역에 관계없이 인삼내에서 Cu-Zn 쌍들이 절대함량 증가에서 정의 관계가 있음을 암시한다.

다. 화강암 지역

대부분 원소 함량에서 4년생이 높고 2년생이 낮았다(Table 21). 연생의 비교에서 3년생은 Mo(0.16 ppm), 4년생은 Co(0.16 ppm), Cu(15.83 ppm), Zn(31.16 ppm)에서 제일 높은 값을 보였다. 한편 2년생은 Co(0.08 ppm), Cu(8.34 ppm), Zn(18.97 ppm), Mo(<0.1 ppm)에서 제일 낮았다.

상관계수(Table 22, 23)에서 2년생은 Co, Cu, Zn 쌍에서,

3년생은 Co-Cu, Cu-Zn 쌍에서 정의 관계를 보였다. 4년생은 Co-Cu, Zn 쌍에서, 평균값은 Co, Cu, Zn 모든 원소 쌍에서 정의 관계가 나타났다. 지역에 관계없이 3 지역 모두, Co-Cu 쌍에서 정의 상관관계를 보였다. 3 지역 모두 및 평균값을 고려했을 때 Co-Cu 쌍에서 정의 관계를 보인다. 이 관계는 지역에 관계없이 인삼내에서 이들 Co-Cu 쌍들이 절대함량 증가에서 정의 관계가 있음을 암시한다.

Table 22. Correlation coefficients of heavy metal elements for the ginsengs from the granite areas in 2 and 3 years old.

		3 year		
		Co	Cu	Zn
2 year	Co		.96433	.54495
	Cu	.99528		.74747
	Zn	.99307	.97699	

Table 23. Correlation coefficients of heavy metal elements for the ginsengs from the granite areas in 4 years old.

		Average value		
		Co	Cu	Zn
4 year	Co		.99924	.71891
	Cu	.85428		.69135
	Zn	.68995	.21313	

#Average value means correlation coefficients calculated with average values of 2, 3 and 4 year ginsengs.

Table 21. Analytical results of the ginsengs(G) in the granite areas (GR) from the Keumsan area.

(unit: ppm)

	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	Ga	As	Mo
GRG2-1	<5	<10	0.10	11.74	27.11	<10	<0.5	<0.1	<3	<0.1
GRG2-2	<5	<10	0.07	6.84	13.85	<10	<0.5	<0.1	<3	<0.1
GRG2-3	<5	<10	0.07	6.44	15.94	<10	<0.5	<0.1	<3	<0.1
GRG2(Av)	-	-	0.08	8.34	18.97	-	-	-	-	-
GRG3-1	<5	<10	0.10	10.03	15.52	<10	<0.5	<0.1	<3	0.14
GRG3-2	<5	<10	0.18	21.85	23.80	<10	<0.5	0.12	<3	0.11
GRG3-3	<5	<10	0.15	13.30	23.34	<10	<0.5	0.11	<3	0.22
GRG3(Av)	-	-	0.14	15.06	20.88	-	-	-	-	0.16
GRG4-1	<5	<10	0.19	24.60	31.36	<10	<0.5	0.14	<3	0.25
GRG4-2	<5	<10	0.09	9.88	15.11	<10	<0.5	<0.1	<3	<0.1
GRG4-3	<5	<10	0.16	13.02	47.01	<10	<0.5	0.16	<3	<0.1
GRG4(Av)	-	-	0.15	15.83	31.16	-	-	-	-	-
GRG(Av)	-	-	0.12	13.08	23.67	-	-	-	-	-
GRG3(Av)/GRG2(Av)	-	-	1.77	1.81	1.10	-	-	-	-	-
GRG4(Av)/GRG2(Av)	-	-	1.84	1.90	1.64	-	-	-	-	-
GRG2/SLG2	-	-	0.37	1.00	0.96	-	-	-	-	-
GRG3/SLG3	-	-	1.26	1.80	1.72	-	-	-	-	1.08
GRG4/SLG4	-	-	1.12	4.84	3.07	-	-	-	-	-
GRG2/PHG2	-	-	0.46	0.50	0.99	-	-	-	-	-
GRG3/PHG3	-	-	0.99	1.43	1.93	-	-	-	-	-
GRG4/PHG4	-	-	0.92	2.30	2.19	-	-	-	-	-

라. 각 지역 동일 연생별 성분 비교

각 지역 동일 연생별 평균 비교는 Table 21에서와 같다. 전체적으로 동일 연생에서 Co, Cu, Zn은 화강암 지역 인삼이 세일 및 천매암 지역에 비해 높고, 세일 및 천매암 지역의 비교에서 천매암 지역이 높은 원소 함량을 보였다.

각각을 살펴보면 세일 지역에 대한 화강암 지역 원소 함량의 비(화강암/세일)에서 연생이 증가함에 따라 1 이상의 값을 갖는 원소수가 증가했다. 2년생의 Cu(1.00)는 1 이상으로 화강암 지역이 높았고, Co(0.37), Zn(0.96)에서 1 이하로 세일 지역이 높았다. 3년생은 Co(1.26), Cu(1.80), Zn(1.72), Mo(1.08)에서 1 이상, 4년생은 Co(1.12), Cu(4.84), Zn(3.07)에서 1 이상 값을 보여 화강암 지역이 높았음을 암시한다.

천매암 지역에 대한 화강암 지역 원소 함량의 비(화강암/천매암)에서 Co, Cu, Zn은 2년생이 모두 1 이하였고, Co는 연생에 관계없이 1 이하 값을 나타냈다. 각각을 살펴보면 2년생은 Co(0.46), Cu(0.50), Zn(0.99)에서 1 이하로 천매암 지역이 높았다. 3년생은 Cu(1.43), Zn(1.93)가 1 이상으로 화강암 지역이 높았고, Co(0.99)는 1 이하로 천매암 지역이 높았다. 4년생은 Cu(2.30), Zn(2.19)은 1 이상으로 화강암 지역

이 높았고, Co(0.92)는 1 이하로 천매암 지역이 높았다.

토양, 모암, 인삼의 성분 관계

토양, 모암, 인삼의 원소 사이의 관계가 Table 24, 25, 26, 27에 있다.

가. 풍화토와 발토양 성분(풍화토/발토양)과의 관계

풍화토와 발토양의 상대적인 비(Table 24)에서 세일 지역이 천매암 및 화강암 지역에 비해 1 이상 값을 갖는 원소가 많았다. 이런 경향은 천매암 지역에 비해 세일 지역이 우세하여 세일 지역의 경우 대부분 원소에서 풍화토가 발토양에 비해 높았다.

각각을 살펴보면 세일 지역은 Cr(0.96)를 제외한 Ni(1.17), Co(1.04), Cu(1.01), Zn(1.44), V(1.08), Sc(1.06), Ga(1.01), As(1.10)에서 1 이상 값을 보여 풍화토가 높음을 암시한다. 천매암 지역은 Cr(0.98), Zn(0.71), V(0.92)와 같이 1 이하 값을 보이는 원소를 제외한 Ni(1.02), Co(1.05), Sc(1.00), Ga(1.04)에서 1 이상 값을 보였다. 화강암 지역은 1 이하 값을 보이는 Ga(0.98)를 제외하고 Co(1.66), Zn(0.92), V(1.52),

Table 24. Relative ratios between weathered and field soils(A), or host rocks(B) from the Keumsan area.

A)	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	Ga	As	Mo
SLW/SLF	1.173	0.964	1.035	1.014	1.436	1.082	1.064	1.009	1.100	-
PHW/PHF	1.021	0.980	1.048	0.892	0.715	0.921	1.000	1.044	-	-
GRW/GRF	-	-	1.656	-	2.921	1.521	1.047	0.979	-	-
B)	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	V	Sc	Ga	As	Mo
SLW/SLR	2.165	1.392	8.417	1.740	3.319	0.562	1.625	1.578	-	0.444
PHW/PHR	0.735	0.948	1.686	1.114	4.344	1.692	1.171	1.445	-	-
GRW/GRR	-	-	-	3.329	-	-	-	1.444	-	-

#Abbreviations are same as the Tables 1, 4, and 13.

Table 25. Relative ratios between field soils(F) and ginsengs(G) from the shale(SL) areas, Keumsan.

	Cr	Co	Cu	Zn	V	Ga	Mo
SLF2-1/SLG2-1	-	156.51	10.65	30.91	-	-	19.48
SLF2-2/SLG2-2	4.26	42.93	3.85	8.84	16.23	66.15	12.40
SLF2-3/SLG2-3	-	173.63	10.13	37.64	-	-	22.02
SLF2(A)/SLG2(A)	-	124.36	8.21	25.79	-	-	17.97
SLF3-1/SLG3-1	-	141.30	4.35	15.94	-	-	17.93
SLF3-2/SLG3-2	-	102.60	4.17	9.75	-	-	25.03
SLF3-3/SLG3-3	-	142.75	5.93	18.21	-	-	30.62
SLF3(A)/SLG3(A)	-	128.88	4.82	14.63	-	-	24.53
SLF4-1/SLG4-1	-	67.41	6.61	7.40	-	167.85	-
SLF4-2/SLG4-2	-	133.04	14.97	12.88	-	-	-
SLF4-3/SLG4-3	-	140.88	14.34	14.79	-	-	-
SLF4(A)/SLG4(A)	-	113.78	11.97	11.66	-	-	-
SLF(A)/SLG(A)	-	122.34	8.33	17.36	-	-	-

#Alphabet : 2(age)-1(locality). A for average value.

Sc(1.05)에서 1 이상 값을 보였다.

나. 토양과 암석 성분(풍화토/모암)과의 관계

풍화토와 모암의 상대적인 비(Table 24)에서 지역에 관계없이 대부분 원소가 모암에 비해 풍화토가 높았다. 각각을 살펴 보면 세일 지역은 V(0.56), Mo(0.44)와 같이 1 이하 값을 보이는 원소를 제외한 Ni(2.17), Cr(1.39), Co(8.42), Cu(1.74), Zn(3.32), Sc(1.63), Ga(1.58)에서 1 이상 값을 보였다. 천매암 지역은 Ni(0.74), Cr(0.95)와 같이 1 이하 값을 보이는 원소를 제외한 Co(1.69), Cu(1.11), Zn(4.34), V(1.69), Sc(1.17), Ga(1.45)에서 1 이상 값을 보였다. 화강암 지역은 Cu(3.32), Ga(1.44)가 1 이상 값을 보였다.

다. 토양과 인삼 성분(밭토양/인삼)과의 관계

인삼과 토양 사이의 원소 함량 관계가 Table 25, 26, 27에 있다.

세일, 천매암, 화강암 지역에 관계없이 각 지역별 평균치의 비교에서 Co(56.6-122.3)는 수 십 배에서 수 백 배, Zn(5.40-17.4)은 수배에서 수 십 배 차이를 보였다. 일반적으로 인삼과 밭토양의 함량 차이 비가 세일 지역이 컸고 화강암 지역이 낮았다.

연생에 관계없는 동일 지역 평균값의 상대적 비교에서 수배에서 수 십 배 차이를 보였고 Cu, Zn 만은 수배에서 수 십 배 차이로 낮았다. 연생에 관계없이 세일 지역의 함량 비(Table 25)에서 Zn(11.7-25.8 배)은 수 십 배, Co(113.8-128.9)는 수 백 배 차이가 났다. 그 외에 Cu(4.82-11.9)는 수 배에서 수 십 배 차이가 났고, Mo은 2, 3년에서 수 십 배, V는 2년에서 수 십 배의 차이가 나타났다.

천매암 지역의 함량 비(Table 26)에서 Cu(4.10-4.69배), Zn(3.71-7.65 배)는 수 배, Co(79.8-109.5 배)는 수 십 배에서 수 백 배 차이가 났다. 그리고 화강암 지역의 함량의 비(Table 27)에서 Co(53.1-61.2)는 수 십 배, Zn(4.22- 6.88)은 수 배 차이가 났다. 한편 Cu는 3, 4년에서 수 배 이하의 차이가 나타났다.

위 결과들은 지역에 관계없이 Co는 큰 차이를 보이나 Cu, Zn 원소 함량사이에서는 차이가 크지 않아 인삼의 Cu, Zn 함량이 토양의 조성에 가까웠음을 암시한다. 또한 연생에 관계없이 같은 원소라 하더라도 토양과 인삼의 원소 함량 차이에서 화강암 지역 인삼이 세일 지역보다 토양 조성에 가까웠음을 암시한다.

동일 지역 인삼의 연생별 비교(밭토양/인삼)에서 각 대조구에 관계없이 Co는 수 십 배에서 수 백 배의 범위의 큰 차이가, Cu, Zn은 수 배에서 수 십 배 범위의 작은 차이가 나

Table 26. Relative ratios between field soils(F) and ginsengs(G) from the phyllite(PH) areas, Keumsan.

	Co	Cu	Zn
PHF2-1/PHG2-1	83.80	3.42	3.57
PHF2-2/PHG2-2	82.14	3.20	3.09
PHF2-3/PHG2-3	107.85	5.67	4.48
PHF2(A)/PHG2(A)	91.26	4.10	3.71
PHF3-1/PHG3-1	102.20	3.34	9.37
PHF3-2/PHG3-2	98.51	3.65	5.05
PHF3-3/PHG3-3	127.78	6.04	8.52
PHF3(A)/PHG3(A)	109.50	4.34	7.65
PHF4-1/PHG4-1	85.69	5.11	5.09
PHF4-2/PHG4-2	81.20	7.27	9.06
PHF4-3/PHG4-3	73.07	4.52	7.63
PHF4(A)/PHG4(A)	79.79	5.63	7.26
PHF(A)/PHG(A)	93.52	4.69	6.21

#Alphabet : 2(age)-1(locality). A for average value.

Table 27. Relative ratios between field soils(F) and ginsengs(G) from the granite(GR) areas, Keumsan.

	Co	Cu	Zn	Ga
GRF2-1/GRG2-1	50.77	-	4.26	-
GRF2-2/GRG2-2	69.01	-	8.52	-
GRF2-3/GRG2-3	63.89	-	7.87	-
GRF2(A)/GRG2(A)	61.22	-	6.88	-
GRF3-1/GRG3-1	69.21	1.87	6.17	-
GRF3-2/GRG3-2	41.37	0.70	4.85	174.62
GRF3-3/GRG3-3	48.77	1.19	4.23	189.43
GRF3(A)/GRG3(A)	53.12	1.25	5.08	-
GRF4-1/GRG4-1	38.77	0.48	3.21	158.46
GRF4-2/GRG4-2	79.71	1.23	7.33	-
GRF4-3/GRG4-3	47.59	0.92	2.13	143.32
GRF4(A)/GRG4(A)	55.36	0.88	4.22	-
GRF(A)/GRG(A)	56.57	-	5.40	-

#Alphabet : 2(age)-1(locality). A for average value.

타났다.

세일 지역은 상대 비에서 연생에 따른 함량 차이가 두드러지지 않았다(Table 25). 하지만 각각을 살펴 보면 2년생의 경우 3 지점 모두, Mo(12.4-19.5 배)에서 수 십 배 차이가 나타났다. 그 외에 Co(42.9-173.6 배)는 수 십 배에서 수 백 배, Cu(3.9-10.7 배), Zn(8.8-37.6 배)은 수 배에서 수 십 배 차이가 나타났다. 3년생의 경우 3 지점 모두 Co(102.6-142.8 배)가 수 백 배, Mo(17.9-30.6 배)가 수 십 배, Cu(4.2-5.9 배)가 수 배 차이가 나타났다. 그 외에 Zn(9.7-18.2배)은 수 배에서 수 십 배 차이가 나타났다. 4년생(Table 25)의 경우 Co(62.4-140.9배)는 수 십 배에서 수 백 배, Cu(6.6-14.9배), Zn(7.4-12.8배)은 수 배에서 수 십 배, Ga(167.8배)는 한 지점에서 수 백 배 차이가 나타났다.

천매암 지역은 상대 비에서 2년생(Table 26)의 경우 3 지점 모두, Cu(3.2-5.7배), Zn(3.1-4.5배)는 수 배 차이가 나타났다. 그 외에 Co(82.1-107.8 배)는 수 십 배에서 수백 배의 차이가 나타났다. 3년생은 3 지점 모두, Cu(3.3-6.1배), Zn(5.0-9.4배)은 수 배 차이가 나타났다. 4년생은 3 지점 모두, Co(73.1-85.7배)는 수 십 배, Cu(4.5-7.3배), Zn(5.1-9.1 배)는 수 배 차이가 나타났다. 그 외에 Ga(137.8배)는 한 지점에서 수 백 배 차이가 나타났다.

화강암 지역은 상대 비에서 2년생(Table 27)의 경우 3지점 모두, Co(50.7-69.0 배)는 수 십 배, Zn(4.3-8.5 배)은 수 배 차이가 나타났다. 3년생은 3 지점 모두, Co(41.4-69.2배)는 수 십 배, Cu(0.7-1.9배)는 수 배 이하, Zn(4.2-6.2배)은 수 배 이상 차이가 나타났다. 4년생은 3 지점 모두, Co(38.8-79.7 배)는 수 십 배, Cu(0.5-1.2배)는 수 배 이하, Zn(2.1-7.3배)은 수 배 이상 차이가 나타났다.

위 결과 들은 동일 지역 같은 연생 인삼 들 사이도 토양 과 인삼과의 사이에서 Co는 큰 차이가, Cu, Zn은 작은 차이가 나서, Cu, Zn 원소의 경우 인삼의 조성이 토양의 조성을 많이 반영하는 것으로 생각된다.

요 약

풍화 토양 평균값에서 세일 지역이 높고 화강암 지역이 낮았다. 전체적으로 세일 지역이 화강암 및 천매암 지역에 비해 더욱 많은 원소에서 정 및 부의 상관관계를 보였다. 지역에 관계없이 3지역의 모두, Co-Cu, Co-V, Cu-V 쌍에서 정 및 부의 관계가 나타났다.

밭 토양의 원소 함량에서 세일 지역이 높고 화강암 지역이 낮았으며 연생별 토양 비교에서 2년생 토양이 대부분 원소에서 높았고 4년생이 낮았다. 이런 경향은 3 지역 중 세일 지역이 우세했으며 화강암 지역이 제일 불명확했다. 상관관계에서 세일 지역이 천매암 및 화강암 지역에 비해 더욱 많은 원소에서 유의성이 있는 상관관계를 보였다.

모암의 원소 함량에서 세일 및 천매암지역이 화강암 지역보다 높았다. 상관관계에서 세일 및 천매암 지역이 화강암 지역에 비해 더욱 많은 원소 쌍에서 유의성이 있는 관계를 보였다. 이런 경향은 세일 및 천매암 지역의 비교에서 세일 지역이 우세하였다.

인삼의 분석치는 지역별 차이가 두드러지는 않았으나 세일 및 천매암 지역의 경우 2년생이, 화강암 지역은 4년생이 높은 원소 함량이 많았다. 상관계수에서 세일 및 천매암 지역은 Cu-Zn 쌍에서, 화강암 지역은 Co-Cu 쌍에서 정의 관계가 나타났다.

풍화토와 발토양 성분(풍화토/발토양)과의 관계에서 세일 지역이 천매암 및 화강암 지역에 비해 대부분 원소 비에서 1 이상 값을 보였고 이런 경향은 천매암 지역에 비해 세일 지역이 우세하여 세일 지역의 경우 풍화토가 발토양에 비해 대부분 원소에서 높았음을 암시한다. 풍화토와 모암 성분(풍화토/모암)과의 관계에서 지역에 관계없이 대부분 원소가 모암에 비해 풍화토에서 높았다.

토양과 인삼 성분(발토양/인삼)의 비교에서 수 배에서 수 십 배 차이를 보였으나 지역에 관계없이 Co는 큰 차이를 보이나 Cu, Zn 원소 함량사이에서는 차이가 크지 않아 인삼의 Cu, Zn 함량이 토양의 조성에 가까웠음을 암시한다. 동일 지역 같은 연생 인삼들 사이에서도 Co는 큰 차이가 Cu, Zn은 작은 차이가 나서 인삼내 Cu, Zn 원소 조성이 토양의 조성을 많이 반영하는 것으로 생각된다. 연생에 관계없이 같은 원소라 하더라도 상대적인 비에서 화강암 지역 인삼이 세일 지역보다 작았는데 이는 화강암 지역 인삼의 함량이 세일 지역보다 토양 조성에 가까움을 암시한다.

인용문헌

1. Lee, I.H., Yuk, C.-S., Hanm K.W., Park, C.S., Park, H.S. and Nam, K. Y.: Influence of various soil characteristics in ginseng field on the growth and the yield of ginseng(*Panax ginseng* C.A. Meyer). *Korea J. Ginseng Sci.* 4, 175-185 (1980).
2. Park H. and Choi, B.J.: Effect of soil moisture on partition of mineral nutrients in *Panax ginseng*. *Korea J. Ginseng Sci.* 7, 75-79 (1983).
3. Ko, S. R., Choi, K.J. and Han, K.W.: Comparison of proximate composition, mineral nutrient, amino acid and free sugar contents of several *Panax* species. *Korea J. Ginseng Sci.* 20, 36-41 (1996).
4. Chung, Y. Y., Chung, C. M., Ko, S. R. and Choi, K. T.: Comparison of agronomic characteristics and chemical component of *Panax ginseng* C.A. Meyer and *Panax quinquefolium* L. *Korea J. Ginseng Sci.* 19, 160-164 (1995).
5. Song, S. and Min E. S.: Incompatible element characteristics of ginsengs growing by different soils of the Keumsan. *Korea J. Ginseng Sci.* 28, 52-59 (1995).
6. Song, S., Lee, Y. G. and Min, E. S.: Transitional element contents, Keumsan area. *Korean J. Plant. Res.* 16, 25-33 (2003).
7. 일반화학연구회: 기초 일반화학. 광림사 (2001).
8. Deer, W. A., Howe, R. A., and Zussman, J.: An introduction to rock-forming minerals. Longman Group Ltd., London (1966).
9. Mason, B. and Moore, C. B.: Principles of Geochemistry.

- John Wiley & Sons, Inc., New York (1992).
10. Alloway B.J.: The Origin of heavy metals in soils. p.368. In : Alloway B.J.(ed), *In heavy metals in soils*. Blackie Academic & Professional, London (1995).
 11. Hoffaman, E.L.: Instrumental neutron activation in geoanalysis. *J. Geochem. Explor.* **44**, 297-319 (1997).
 12. 이진수, 전효택, 김경용: 충주 지역 흑색셰일 분포지역에서의 잠재적 독성원소 들의 분산과 부화. *자원환경지질* **29**, 495-508 (1996).
 13. 전효택, 정명채: 함우라늪 흑색셰일에서의 유독성 원소들의 분산에 관한 지구화학적 연구. *광산지질* **24**, 245-260 (1991).
 14. Brooks, R.R.: *Serpentine and its vegetation; A multidisciplinary approach*. Dioscorides Press, Portland (1987).
 15. 송석환, 민일식, 김명희, 이현구: 금산 대성탄광 산성폐수에 의한 오염. *자원환경지질* **30**, 105-116 (1997).