

금산 지역 토양 차이에 의한 인삼 중 무기 원소의 함량 변화

송석환[#] · 민일식^{*}

중부대학교 환경보건학과, *중부대학교 관광경영학과
(2009년 1월 28일 접수; 2009년 3월 18일 수리)

Characteristics of the Inorganic Element Contents for the Korean Ginsengs from Various Soils of Keumsan

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

Department of Environmental Health

^{*}Department of Tourism Management, Joongbu University, Keumsan, Chungnam, 312-940

(Received January 28, 2009; Accepted March 18, 2009)

Abstract : Geochemical relationships between ginsengs and soils from three representative soil types, shale, phyllite and granite regions, from Keumsan were examined. High elements were shown at the granite and shale areas of the weathered soils, the phyllite areas of the cultivated soils and the shale areas of the host rocks. Tl was enriched in ginsengs grown in the shale areas, Cs and B in the phyllite areas, and Be and Cd in the granite areas. Positive correlations were dominated by the shale areas. These relationships can be explained for mineral characteristics within the soils, and their behaviors related to the physio-chemical conditions. High elements were shown in the 2 year ginsengs of the shale areas, and 4 year ginsengs of the phyllite and granite areas in comparisons with ginsengs of the different ages from the same areas. These differences can be explained with ages of the ginsengs, solubilities of the minerals and physio-chemical differences within soils. The content differences of high elements such as Cs, Tl and Be were found between soils and ginsengs. Overall, these results suggest that components of ginsengs grown in the granite areas are chemically similar to the soils.

Key words : Keumsan, Shale, Phyllite, Granite, Ginseng

서 론

기존의 많은 연구들이 인삼과 토양의 수분함량과의 관계,¹⁾ 토양 차이에 따른 인삼의 생육 및 수량에 미치는 영향,²⁾ 인삼의 부위별 무기성분의 함량 차이,^{3,4)} 인삼생육과 토양의 물성관계,⁵⁾ 고려인삼과 미국삼의 형질특성 및 성분 비교⁶⁾ 등에 대해 진행된 바 있다.

일부 연구들은 다양한 토양에서 생육되는 식물체의 화학적 조성이 토양의 화학적 특성과 긴밀한 관계가 있음을 지적하고 있고,^{7,8)} 토양별로 식물체의 조성이 두드러지게 차이가 보이고 있음도 지적하고 있다.^{9,10)} 이 들을 근거로 인삼 재배

지역에 대한 연구들은 토양 특성에 따라 인삼의 무기원소 조성이 차이가 있음을 언급하고 있다.^{11,12)} 하지만 이런 많은 연구들에도 불구하고 금산에서 재배되는 인삼에 대한 실제적인 연구는 제한적이다.

한편 일부 연구들은 토양과 사람의 건강과의 관계에 대해 언급하고 있다.¹³⁾ 이들은 60 여종의 미량원소 농도를 혈액과 지각 중에서 측정하여 원소 각각이 현저한 연관성이 있음을 발견하였다. 특히 생물체내에서 미량 원소가 효소, 단백질, 핵산, 세포막 등에서 영향을 주고, 이들이 생물의 성장, 발육, 유전, 질병, 건강, 노쇠, 사망 등의 생물현상에 영향을 주고 있음을 밝혔다. 따라서 본 연구도 토양 중의 원소 함량을 조사하고, 이들과 인삼내의 성분과의 연관성을 규명하여, 추후에 인간의 건강에 도움을 주고자 한다.

따라서 본 연구에서는 금산 지역 여러 토양 중 옥천누층군

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

의 천매암 및 혈암 지역, 주라기의 화강암 지역을 선정하여 각각 재배지 별, 연령 별로 인삼을 채취하고 무기원소를 분석하였다. 이 인삼 성분 측정 결과를 절대함량과 상관관계 측면에서 토양과 관련 해석해 보았다. 이 연구는 금산 인삼의 토양별, 연령별 무기원소 함량 차이를 이해하는데 도움을 줄 것이다.

시료채취 및 분석

2006 년 2 월부터 2006 년 9 월까지 8 회에 걸쳐 충남 금산군 추부, 복수, 금성면 일대의 인삼밭 분포를 조사하였다. 3 대조구로 중생대 주라기 화강암, 선캠브리아기에서 초기 고생대로 추측되는 옥천 누층군 중 대덕리층 내 천매암, 창리층 내 혈암 지역을 선정하였다.

시료 채취 및 분석 방법은 기존 이들 인접지역의 연구¹⁴⁾와 같고, 그 내용은 아래에 있다. 즉 3 지역의 토양 특성별로 분류된 조사 대상지에서 2 년, 3 년, 4 년생의 인삼 뿌리를 크기를 고려하여 각 8~12 개씩 채취하였다. 또한 인삼이 채취된 직 하부 밭 토양에서 20 개소의 밭 토양 시료를 원추 사분법으로 채취, 혼합한 후 1 kg을 실험실로 운반, 분석 시료로 사용하였다.¹⁵⁾

대조구간 비교를 위해 인삼 밭 주변에서 모암 및 상부 토양 시료도 채취하였다. 상부 토양 시료는 2~15 cm 깊이에서 밭 토양과 동일 방법으로 취한 시료를 잘 혼합 시킨 후 약 1 kg을 채취하여 잘 혼합, 실험실로 운반, 대표시료로 하였고, 모암 시료는 상부 토양시료가 채취된 지점의 암석 중 가장 신선한 부분을 대표시료로 하였다.

채취된 인삼 시료는 실험실로 운반하여 증류수로 7 회 이

상 세척, 이물질을 최대한 제거하고, 풍건장치가 있는 Dry-oven에서 90°C로 향량이 될 때까지 건조시켰으며, 특정 개체의 변이성을 피하기 위하여 건조시료를 혼합한 뒤 분쇄하여 1 지점 시료로 하였다.

인삼 시료는 90°C로 건조시켜 파쇄한 후 15g을 칭량하고 약 30 ton으로 압축시켜 제조한 고상탄에 15분간 $7 \times 10^{12} \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 파장의 빛을 조사하고, 7일 후 부식된 시료를 INAA (Instrumental Neutron Activation Analysis)를 이용 (Canberra Series 95 MCA: Ge detector, 12% efficient high purity: Resolution, 1.72 keV at 1332 keV photopeak: software, Apogee peak search routines)하여 캐나다의 ACTLABS(Activation Laboratories Ltd.)에서 분석하였다.¹⁶⁾

밭 토양 및 상부 토양 시료는 실험실내에서 8 주간 풍건 시킨 후 2 mm 체로 쳐서 4 분하여 대표시료로 하였다. 이 시료를 암석과 같이 분쇄하여 미립으로 만든 후 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 만들었다. 후에 이것을 냉각시키고 증류수 10 ml를 첨가한 후 Thermo Jarrel Ash Enviro II ICP/OES(RF generator: 0.6-1.7 KW, 27 MHz, Source: 6000 K argon plasma, gas flow : 15-45 PSIG)로 분석하였고, 각 시료별 분석은 3 반복하여 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 풍화 토양의 성분

분석결과가 Table 1에 있다. 전체적으로 평균값에서 혈암

Table 1. Analyses of three weathered soils(W) from the Keumsan area(ppm).

A)Shale area									
	V	Ba	Sr	Cs	Y	Zr	Tl	Ge	Be
SLW2	151.0	537.0	63.0	7.31	27.0	161.0	1.58	1.84	3.0
SLW3	153.0	534.0	62.0	7.31	28.0	161.0	1.47	1.90	3.0
SLW4	154.0	539.0	63.0	7.06	29.0	161.0	1.04	1.04	3.0
SLW(Avg)	152.67	536.67	62.67	7.23	28.00	161.00	1.36	1.36	3.00
B)Phyllite area									
PHW2	101.0	494.0	134.0	6.68	31.0	165.0	1.31	2.32	3.0
PHW3	102.0	500.0	137.0	6.70	30.0	168.0	1.09	2.21	3.0
PHW4	102.0	489.0	135.0	6.46	30.0	166.0	1.03	1.98	3.0
PHW(Avg.)	101.67	494.33	135.33	6.61	30.33	166.33	1.14	2.17	3.00
C)Granite area									
GRW2	65.0	1160.0	394.0	1.01	11.0	219.0	0.46	0.89	3.0
GRW3	71.0	1186.0	402.0	1.05	12.0	222.0	0.80	1.28	3.0
GRW4	65.0	1194.0	405.0	1.00	12.0	236.0	0.73	1.07	3.0
GRW(Avg.)	67.00	1180.00	400.33	1.02	11.67	225.67	0.66	1.08	3.00
PHW/SLW	0.67	0.92	2.16	0.91	1.08	1.03	0.84	1.22	1.00
GRW/SLW	0.44	2.20	6.39	0.14	0.42	1.40	0.49	0.60	1.00

#Abbreviation: SL for shale area, PH for phyllite area, GR for granite area and alphabets(2,3,4) for the ages of ginsengs.

및 화강암 지역이 높은 원소가 많았고, 화강암 지역이 낮은 원소가 많았다. 각각을 살펴보면 혈암 지역의 V, Cs, Tl, 천매암 지역의 Y, Z, Ge, 화강암 지역의 Ba, Sr에서 높은 원소 함량을 보였다. 또한 혈암 지역의 Sr, Zr, 천매암 지역의 Ba, 화강암 V, Cs, Y, Tl, Ge에서 낮은 함량을 보였다.

화강암 지역의 높은 Ba, Sr 함량은 유사한 광물 특성 탓이다.

Sr(스트론튬)¹⁷⁾은 전형적인 광물로 스트론티어나이트, 천칭석이 있고, 교대광물로 장석류, 운모류, 석고, 방해석, 돌로마이트가 있다. 자연 상황에서 흔히 Ca 광물을 교대하며, 공존한다. Ca, K 광물 양쪽으로 받아들여지고, 화성암에서 사장석과 칼륨장석에 들어간다. 일반적으로 화강암보다 현무암에서 더 높은 값을 보이고, 지구화학적 특성은 Ba과 유사하다.

Ba(바륨)¹⁷⁾은 전형적인 광물로 중정석, 독중석이 있고, 교대광물로 K-장석, 운모류, 인회석, 방해석이 있다. 자연적 조합으로 화강암류에서 K-Rb-Ba 쌍, 황화 광석과 카보네타이트에

서 Ba-Pb-Zn 쌍이 있다. 이온 반경이 K와 유사하여 흑운모와 K-장석에 농축되고 높은 전하 때문에 K에 포획된다. 초기에 생성된 K광물에 많이 들어가고, 이외에도 사장석에 들어 갈수 있다.¹⁷⁾

즉 화강암 지역의 높은 Ba, Sr 함량은 두 원소의 유사한 거동과 연구 지역 토양내의 이들 원소를 함유 할 수 있는 장석류, 운모류, 방해석의 존재로 설명이 될 수 있다.

2. 밭 토양의 성분

1) 평균값

밭 토양의 분석결과가 Table 2에 있다. 평균값에서 천매암 지역이 높은 원소가 많았고, 화강암 지역은 낮은 원소가 많았다. 각각을 살펴보면 혈암 지역의 V, Tl, 천매암 지역의 Cs, Y, Ge, Be, 화강암 지역의 Ba, Sr, Zr에서 높은 값을 보였다. 혈암 지역의 Ba, Sr, Be, 천매암 지역의 Zr, Tl, 화강암 지역의 V, Cs, Y, Ge에서 낮은 값을 보였다.

Table 2. Analyses of three cultivated soils(F) from the Keumsan area(ppm).

A)Shale area									
	V	Ba	Sr	Cs	Y	Zr	Tl	Ge	Be
SL-2-1	167.0	581.0	63.0	6.43	31.0	160.0	1.27	1.62	3.0
SL-2-2	169.0	583.0	64.0	6.54	32.0	159.0	1.36	1.79	3.0
SL-2-3	168.0	567.0	62.0	6.24	30.0	152.0	1.36	1.75	3.0
SLF2(Avg.)	168.00	577.00	63.00	6.40	31.00	157.00	1.33	1.72	3.00
SL-3-1	146.0	579.0	60.0	6.62	27.0	156.0	1.25	1.62	3.0
SL-3-2	133.0	585.0	60.0	6.06	26.0	149.0	0.68	1.43	3.0
SL-3-3	138.0	568.0	59.0	6.05	26.0	160.0	0.96	1.53	3.0
SLF3(Av)	139.00	577.33	59.67	6.24	26.33	155.00	0.96	1.53	3.00
SL-4-1	117.0	644.0	86.0	7.06	22.0	131.0	1.18	1.56	3.0
SL-4-2	116.0	655.0	87.0	6.89	24.0	132.0	1.01	1.75	3.0
SL-4-3	121.0	654.0	88.0	7.05	24.0	138.0	1.36	1.80	3.0
SLF4(Av)	118.00	651.00	87.00	7.00	23.33	133.67	1.19	1.71	3.00
SLF(Avg)	141.67	601.78	69.89	6.55	26.89	148.56	1.16	1.65	3.00
B)Phyllite area									
	V	Ba	Sr	Cs	Y	Zr	Tl	Ge	Be
PH-2-1	108.0	411.0	126.0	7.67	38.0	127.0	1.43	2.65	4.0
PH-2-2	109.0	405.0	126.0	7.61	38.0	126.0	1.46	2.48	4.0
PH-2-3	114.0	420.0	129.0	7.55	39.0	138.0	1.32	2.33	4.0
PHF2(AV)	110.33	412.00	127.00	7.61	38.33	130.33	1.40	2.49	4.00
PH-3-1	117.0	552.0	143.0	7.06	30.0	183.0	1.16	2.15	3.0
PH-3-2	114.0	539.0	140.0	6.93	30.0	174.0	0.82	2.07	3.0
PH-3-3	111.0	525.0	137.0	6.82	29.0	176.0	0.87	1.83	3.0
PHF3(AV)	114.00	538.67	140.00	6.94	29.67	177.67	0.95	2.02	3.00
PH-4-1	109.0	836.0	84.0	6.07	26.0	130.0	0.76	1.57	3.0
PH-4-2	111.0	870.0	87.0	6.21	27.0	126.0	0.97	1.84	3.0
PH-4-3	109.0	861.0	87.0	6.14	28.0	129.0	0.94	1.82	3.0
PHF4(AV)	109.67	855.67	86.00	6.14	27.00	128.33	0.89	1.74	3.00
PHF(avg)	111.33	602.11	117.67	6.90	31.67	145.44	1.08	2.08	3.33
PHF/SLF	0.79	1.00	1.68	1.05	1.18	0.98	0.93	1.26	1.11

Table 2. Continued.

C) Granite area									
	V	Ba	Sr	Cs	Y	Zr	Tl	Ge	Be
GR-2-1	23.0	584.0	168.0	3.70	9.0	139.0	1.44	1.32	4.0
GR-2-2	28.0	615.0	171.0	3.66	9.0	173.0	1.57	1.38	4.0
GR-2-3	22.0	624.0	172.0	3.73	9.0	148.0	1.71	1.36	4.0
GRF2(AV)	24.33	607.67	170.33	3.70	9.00	153.33	1.57	1.36	4.00
GR-3-1	55.0	1107.0	503.0	2.05	13.0	233.0	0.85	1.15	3.0
GR-3-2	63.0	1063.0	503.0	2.08	15.0	302.0	0.77	1.12	3.0
GR-3-3	58.0	1074.0	497.0	2.05	15.0	288.0	0.90	1.16	2.0
GRF3(AV)	58.67	1081.33	501.00	2.06	14.33	274.33	0.84	1.14	2.67
GR-4-1	56.0	1030.0	287.0	2.33	14.0	377.0	0.96	1.23	3.0
GR-4-2	48.0	1058.0	294.0	2.34	13.0	373.0	1.04	1.10	3.0
GR-4-3	48.0	1058.0	291.0	2.43	12.0	334.0	0.89	1.26	3.0
GRF4(AV)	50.67	1048.67	290.67	2.37	13.00	361.33	0.96	1.19	3.00
GRF(avg)	44.56	912.56	320.67	2.71	12.11	263.00	1.13	1.23	3.22
GRF/SLF	0.21	0.99	2.40	0.55	0.37	1.01	1.43	0.82	1.33

#Abbreviation: SL for shale area, PH for phyllite area, GR for granite area and alphabets(2,3,4) for the ages of ginsengs.

각 토양에 따른 원소 함량 차이는 토양의 특성 차이로 설명될 수 있다.

V(바나듐)¹⁷⁾은 전형적인 광물로 카노타이트, 로스코에라이트, 바나다나이트, 테스크로자이트가, 고대 광물로 휘석, 각섬석, 운모류, 인회석, 자철석, 스펀, 금홍석이 있다. 자연상황에서 V-Ti-Fe-P(함 바나듐 자철석), V-Cu-Pb-Zn-Mo-Ag-Au-As(다 금속 황화광상), U-V-Se-Mo-Cu-K-Ca-C(사암 유형의 U 광상), P-V-U-F-Se-As-etc (인회토와 흑색 혈암), V-Fe-Mn-P(일부 퇴적기원의 Fe 광석), V-S-C-Ni-Fe-Ca(타르와 중유 광상)에서 산출된다. 마그마에서 V³⁺이온 상태로 존재하고, 주로 자철석에 들어가 마그마로 빠져 나온다. 자철석에서 Fe³⁺와 치환하여, 초기에 형성된 자철석에 농축되고, 휘석, 각섬석, 흑운모에 함유된다.¹⁸⁾

Tl(탈륨)¹⁷⁾은 전형적 광물로 크루케사이트, 로란다이트가 있고, 가능한 고대광물로 K-광물(운모류, 장석류)과 많은 황화광물이 있다. 자연에서 K-Rb-Tl 엽상규산염과 Tl-Fe-Zn-Cu-Pb-Ag-As-Se 황화광상에 수반된다.

연구 지역 중 혈암 지역의 공히 높은 V, Tl 함량은 높은 운모류 및 장석류 탓으로 해석된다. 또한 Tl의 높은 원소 함량은 유화광물의 존재, V의 높은 함량은 인회석, 자철석, 스펀, 금홍석의 탓으로도 설명될 수 있다.

화강암 지역의 높은 Ba, Sr, Zr 함량은, 토양 중 존재하는 광물의 함량 차이로 설명될 수 있다.

풍화 토양에서 언급한바와 같이 Ba은 이온 반경이 K과 유사하며, 흑운모와 K-장석에 농축된다. 높은 전하로 K에 포획되고, 사장석에도 들어 갈수 있다.¹⁷⁾

Sr은 Ca, K 광물 양쪽으로 받아들여진다. 화성암의 사장석

과 칼륨장석의 결정구조에 들어가며, 지구화학적 특성은 Ba와 유사하다.¹⁷⁾ 즉 화강암지역에 높은 Ba, Sr 함량은 토양내의 풍부한 흑운모와 K-장석의 함량으로 설명될 수 있다.

Zr 등의 원소는 일반적인 조암 광물에 농축되지 않고 저어콘에 주로 농집 되거나, 마그마 분화 말기의 암석인 산성암에 농집 되는데,¹⁷⁾ 이는 연구지역 화강암내의 높은 저어콘 함량과 일치한다.

기존 이들 인접 지역에 대한 비호정성 원소 연구¹²⁾는 화강암 지역이 Rb, Sr, Ga, Zr, Nb, Hf, Ta에서 높았고, Ba, Cs, Y에서 낮았다. 이들 원소 중 화강암 지역 내의 높은 Sr 함량은 칼슘 및 칼륨을 포함하는 사장석, 알칼리 장석의 존재로 설명이 되었다.

2) 연생별 원소 함량

전체적으로 원소 함량에서 연생별 차이가 명확하였다(Table 2).

혈암 지역 : 평균값에서(Table 2A) 2 년생이 높은 원소가, 3 년생이 낮은 원소가 많았다. 각각을 살펴보면 2 년생의 V, Y, Zr, Tl, Ge, 4 년생의 Ba, Sr, Cs가 높았다. 2 년생의 Ba, 3 년생의 Sr, Cs, Tl, Ge, 4 년생의 V, Y, Zr에서 낮았다.

천매암 지역: 평균값(Table 2B)에서 2 년생이 높은 원소가, 4 년생이 낮은 원소가 많았다.

각각을 살펴보면 높은 값이 2 년생의 Cs, Y, Tl, Ge, Be, 3 년생의 V, Sr, Zr, 4 년생의 Ba에서 나타났다. 낮은 값이 2 년생의 Ba, 4 년생의 V, Sr, Cs, Y, Zr, Tl, Ge, Be에서 나타났다.

화강암 지역: 평균값(Table 2C)에서 3 년생이 높은 원소가, 2 년생이 낮은 원소가 많았다. 각각을 살펴보면 높은 값이 2

년생의 Cs, Tl, Ge, Be, 3 년생의 V, Ba, Sr, Y, 4 년생의 Zr에서 나타났다. 낮은 값이 2 년생의 V, Ba, Sr, Y, Zr, 3 년생의 Cs, Tl, Ge, Be에서 나타났다.

3 토양 공히 2 년생의 Tl에서 높고, Ba에서 낮았다. 발 토양의 성분관계는 단순히 토양 중 광물의 함량만으로 설명할 수는 없을 듯하다. 이 발 토양은 인삼이 재배되는 곳이고, 재배를 위해 한번 경운에 의해 혼합이 된 곳이다. 또한 수 년 동안 인삼이 토양 중에서 뿌리를 내리고 영양분을 섭취하는 곳이며, 해가림 상황에서 흘러 들어오는 빗물과 계속적으로 물-암석 상호 반응을 통해, 용해 작용을 거치는 곳이기도 하다. 따라서 토양 중 원소 함량은 원 광물의 조합과 함량, 토양 내에서 일어 날수 있는 물리, 화학적 반응, 식물체에 의한 흡수 등의 다양한 변화에 의해 좌우 될 수 있다.

3. 모암의 성분

분석결과가 Table 3에 있다. 전체적으로 지역별, 연생별 차이가 명확하였다. 평균값에서 혈암 지역이 높은 원소가, 화강암 지역이 낮은 원소가 많았다. 즉 혈암 지역의 V, Ba, Tl, Ge, 천매암 지역의 Ce, Y, 화강암 지역의 Sr, Zr에서 높고, 혈암 지역의 Sr, Zr, 천매암 지역의 Ba, 화강암 지역의 V, Cs, Y, Tl, Ge에서 낮았다.

연생별로 각각을 살펴보면 혈암 지역은 4 년생이 높고, 2 년생이 낮았다. 즉 4 년생의 V, Ba, Sr, Cs, Y, Zr, Tl, Ge에서 높았고, 2 년생의 V, Ba, Sr, Y, Zr, Tl, Ge, 3 년생의 Cs에서 낮았다. 천매암 지역은 2 년생이 높고, 4 년생이 낮았다. 즉 2 년생의 V, Ba, Cs, Y, Zr, Ge, Be, 3 년생의 Tl, 4 년생의 Sr에서 높았고, 3 년생의 Sr, Cs, 4 년생의 V, Ba, Y, Zr, Tl, Ge, Be에서 낮았다.

화강암 지역은 4 년생이 높고, 3 년생이 낮았다. 즉 2 년생의 Zr, 3 년생의 Cs, Tl, Ge, 4 년생의 Ba, Sr, Y, Be에서 높았고, 2 년생의 Ba, Cs, Tl, 3 년생의 Sr, Y, Zr, Be, 4 년생의 Ge에서 낮았다.

연구지역에서 혈암 지역의 V, Tl, Ge, 화강암 지역의 Sr, Zr 함량은 암석 중 존재하는 광물의 특성으로 설명이 가능하다. 즉 연구 지역의 V는 교대 광물로 각섬석, 운모류, 인회석, 자철석, 스펀, 금홍석이 있고, Tl의 가능한 교대광물로 K-광물(운모류, 장석류)과 많은 황화광물이 있다.¹⁷⁾ Ge(게르마늄)은 교대 광물로 각섬석, 운모류, 장석류, 섬아연석, Pb-Zn-Cu 황화광석이 있다.¹⁷⁾ 혈암 지역에서 이들 광물이 흔히 발견이 된다.

한편 화강암 지역의 높은 Sr, Zr 함량은 암석내의 높은 광물 함량으로 설명이 가능하다. 연구 지역에서 Sr의 교대광물로 장석류, 운모류, 방해석이 있고, Zr을 주로 포함하는 저어콘이 산출 된다.¹⁷⁾ 특히 Zr 원소는 마그마 분화 말기의 암석인 산성암에 농집되는데, 이는 화강암내의 높은 원소 함량과 일치한다. 이 원소들을 포함하는 광물들이 연구 지역에서 흔히 발견된다.

4. 인삼 성분 및 상관관계

1) 평균값

연령을 무시한 각 지역별 전체 평균값의 비교에서 지역별 차이가 두드러졌다(Table 4). 즉 높은 값이 혈암 지역의 Tl, 천매암 지역의 Cs, B, 화강암 지역의 Be, Cd에서, 낮은 값이 혈암 지역의 Be, 천매암 지역의 Cd, 화강암 지역의 Tl, Cs, B에서 나타났다.

이들 원소들의 함량 차이는 각 토양 내 광물조성 차이로부

Table 3. Analyses of three host rocks from the Keumsan area(ppm).

	V	Ba	Sr	Cs	Y	Zr	Tl	Ge	Be
SLR-2	112.0	206.0	6.0	1.72	4.0	46.0	0.77	1.54	2.0
SLR-3	117.0	337.0	20.0	1.29	5.0	58.0	0.73	1.38	2.0
SLR-4	688.0	2160.0	57.0	4.03	34.0	80.0	2.47	1.92	2.0
SLR(AV)	305.67	901.00	27.67	2.35	14.33	61.33	1.32	1.62	2.00
PHR-2	93.0	486.0	164.0	6.94	23.0	117.0	1.24	1.55	4.0
PHR-3	71.0	402.0	135.0	3.98	21.0	153.0	1.42	1.53	3.0
PHR-4	41.0	368.0	344.0	5.74	14.0	57.0	0.63	0.74	2.0
PHR(AV)	68.33	418.67	214.33	5.55	19.33	109.00	1.09	1.27	3.00
GRR-2	<5	213.0	366.0	0.37	9.0	225.0	0.24	0.95	2.0
GRR-3	<5	637.0	139.0	2.35	3.0	66.0	0.91	1.09	1.0
GRR-4	65.00	943.0	660.0	2.33	10.0	199.0	0.65	0.81	3.0
GRR(AV)	-	597.67	388.33	1.68	7.33	163.33	0.60	0.95	2.00
PHR/SLR	0.22	0.46	7.75	2.37	1.35	1.78	0.83	0.79	1.50
GRR/SLR	-	0.66	14.04	0.72	0.51	2.66	0.45	0.59	1.00

#Abbreviation: SL for shale area, PH for phyllite area, GR for granite area and alphabets(2,3,4) for the ages of ginsengs.

Table 4. Analytical results of the ginsengs from the Keumsan area(ppm).

A)Shale	Cs	Tl	Ge	Be	B	Cd	Li	Se
SL2	0.023	0.005	<0.1	0.005	21.596	0.032	0.557	<10
SL2	0.206	0.016	<0.1	0.036	14.294	0.093	<0.5	<10
SL2	0.021	0.002	<0.1	0.006	19.245	0.021	<0.5	<10
SLG2(AVG)	0.083	0.008	-	0.016	18.378	0.049	-	-
SL3	0.020	0.008	<0.1	0.010	12.635	0.047	<0.5	<10
SL3	0.036	0.004	<0.1	0.007	18.100	0.042	<0.5	<10
SL3	0.024	0.009	<0.1	0.005	16.956	0.037	<0.5	<10
SLG3(AVG)	0.027	0.007	-	0.007	15.897	0.042	-	-
SL4	0.046	0.014	<0.1	0.019	28.679	0.050	0.712	<10
SL4	0.007	0.004	<0.1	0.005	11.320	0.011	<0.5	<10
SL4	0.011	0.008	<0.1	0.006	11.316	0.054	<0.5	<10
SLG24(AVG)	0.021	0.009	-	0.010	17.105	0.038	-	-
SLG(AV)	0.04	0.01	-	0.01	17.13	0.04	-	-
SLG3/SLG2	0.32	0.91	-	0.48	0.86	0.87	-	-
SLG4/SLG2	0.25	1.16	-	0.64	0.93	0.79	-	-
B)Phyllite	Cs	Tl	Ge	Be	B	Cd	Li	Se
PH2	0.036	0.004	<0.1	0.017	36.272	0.024	0.824	<10
PH2	0.025	0.003	<0.1	0.012	29.171	0.022	<0.5	<10
PH2	0.030	0.002	<0.1	0.016	34.862	0.017	0.782	<10
PHG2(AVG)	0.030	0.003	-	0.015	33.435	0.021	-	-
PH3	0.021	0.002	<0.1	0.009	31.367	0.040	<0.5	<10
PH3	0.029	0.003	<0.1	0.011	27.076	0.020	<0.5	<10
PH3	0.036	0.003	<0.1	0.007	5.000	0.023	<0.5	<10
PHG3(AVG)	0.029	0.003	-	0.009	21.148	0.028	-	-
PH4	0.114	0.012	<0.1	0.011	5.100	0.041	<0.5	<10
PH4	0.061	0.005	<0.1	0.011	4.800	0.083	<0.5	<10
PH4	0.062	0.005	<0.1	0.012	5.100	0.042	<0.5	<10
PHG4(AVG)	0.079	0.008	-	0.011	5.000	0.055	-	-
PHG(AVG)	0.05	0.00	-	0.01	19.86	0.03	-	-
PHG3/PHG2	0.96	0.85	-	0.61	0.63	1.32	-	-
PHG4/PHG2	2.63	2.56	-	0.75	0.15	2.65	-	-
C)Granite	Cs	Tl	Ge	Be	B	Cd	Li	Se
GR2	0.017	0.002	<0.1	0.023	5.000	0.063	<0.5	<10
GR2	0.011	0.001	<0.1	0.017	15.193	0.034	<0.5	<10
GR2	0.009	0.002	<0.1	0.015	16.936	0.044	<0.5	<10
GRG2(AV)	0.012	0.002	-	0.018	12.376	0.047	-	-
GR3	0.021	0.003	<0.1	0.013	21.979	0.065	<0.5	<10
GR3	0.041	0.006	<0.1	0.011	5.000	0.102	<0.5	<10
GR3	0.040	0.007	<0.1	0.018	22.003	0.059	<0.5	<10
GRG3(AV)	0.034	0.005	-	0.014	16.327	0.075	-	-
GR4	0.051	0.010	<0.1	0.033	30.547	0.069	<0.5	<10
GR4	0.007	0.002	<0.1	0.010	23.763	0.076	<0.5	<10
GR4	0.031	0.007	<0.1	0.025	9.436	0.107	<0.5	<10
GRG4(AV)	0.030	0.006	-	0.023	21.249	0.084	-	-
GRG(AV)	0.03	0.00	-	0.02	16.65	0.07	-	-
GRG3/GRG2	2.81	3.39	-	0.76	1.32	1.60	-	-
GRG4/GRG2	2.46	3.86	-	1.24	1.72	1.78	-	-
GRG2/SLG2	0.15	0.21	-	1.18	0.67	0.96	-	-
GRG3/SLG3	1.26	0.80	-	1.88	1.03	1.79	-	-
GRG4/SLG4	1.41	0.71	-	2.29	1.24	2.18	-	-
GRG2/PHG2	0.40	0.55	-	1.23	0.37	2.25	-	-
GRG3/PHG3	1.18	2.17	-	1.54	0.77	2.72	-	-
GRG4/PHG4	0.38	0.82	-	2.02	4.25	1.51	-	-

< means below working range of instrument.

#Abbreviation: SL for shale area, PH for phyllite area, GR for granite area and alphabets(2,3,4) for the ages of ginsengs.

터 온 용출수의 함량차이와 물리, 화학적 특성차이에 따른 용해도 차이 등으로 설명이 될 수 있다. 특히 혈암 지역의 높은 Tl 함량과 천매암 지역의 B, 화강암 지역의 Be 함량은 이들 관계로 설명이 가능하다.

앞에서 언급한 바와 같이 Tl은 가능한 교대광물로 K-광물(운모류, 장석류)과 유화광물이 있고 자연에서 K-Rb-Tl 업상규산염, Tl-Fe-Zn-Cu-Pb-Ag-As-Se 황화광상에 수반된다.¹⁷⁾ 연구 지역에는 이 원소를 포함하는 광물들이 존재 한다.

B(붕소)¹⁷⁾은 전형적인 광물로 붕사, 전기석, 회붕광이 있고, 교대 광물로 장석류, 운모류가 있다. 자연 상황에서 Li-Be-B-Nb-Sn(페그마타이트), B-Be-Cu-Zn-Pb-Mo-W(스카른), B-Be-Sn-F-W(영운암), B-Na-K-Li-Mg-Ca(중발암)에 수반된다. B함량에 대해 소나무는 낮은 내성을, 식물은 높은 내성을 보인다. 일부 식물은 B 광상의 지시자이고, 식물체의 독성은 광물 탐사에 이용되어 진다. 연구지역에는 이 원소를 포함하는 장석류, 운모류들이 존재 한다.

Be(베릴륨)¹⁷⁾은 전형적인 광물로 녹주석, 버트란다이트이고, 교대 광물로 사장석, 운모류, 휘석, 점토광물이 있다. 자연 상황에서 Li-Be-B-Rb-Cs(페그마타이트), B-Be-Cu-Zn-Pb-Mo-W(스카른), B-Be-Sn-F-W(영운암)에 공존한다. 규산염 광물에서 이온반경이 비슷한 Si를 교대한다. 이 원소를 포함하는 사장석, 운모류, 점토광물들이 존재 한다.

즉 혈암 지역의 Tl, 천매암 지역의 B, 화강암 지역의 Be 함량은 토양 중 이들 원소들을 함유하고 있는 광물들의 종류 및 함량 차이에 의한 영향 탓으로 설명이 될 수 있다. 그 외에 토양 중에서 원소의 거동에 영향을 주는 물리 화학적 특성차이가 인삼의 원소 함량에 영향을 줄 수 있다.

2) 동일 지역 연생 차이별 성분 비교

인삼의 분석결과는 Table 4에 있다.

혈암 지역: 2년생이 높은 원소가, 3년생이 낮은 원소가 많았다, 즉 높은 원소가 2년생의 Cs, Be, B, Cd, 4년생의 Tl, 낮은 원소가 3년생의 Tl, Be, B, 4년생의 Cs, Cd에서 나타났(Table 4A).

천매암 지역: 4년생이 높은 원소가, 2년생이 낮은 원소가 많았다, 즉 높은 원소가 2년생의 Be, B, 4년생의 Cs, Tl, Cd, 낮은 원소가 2년생의 Cd, 3년생의 Cs, Tl, Be, 4년생의 B에서 나타났(Table 4B).

화강암 지역: 4년생이 높은 원소가, 2년생이 낮은 원소가 많았다. 즉 높은 원소가 3년생의 Cs, 4년생의 Tl, Be, B, Cd, 낮은 원소가 2년생의 Cs, Tl, B, Cd, 3년생의 Be에서 나타났(Table 4C).

이들 함량 차이는 토양 자체의 특성뿐만 아니라, 인삼이 생

육되는 수 년 동안 발생하는 물리화학적 작용의 변수들이 고려되어야 한다, 즉 시비, 농약, 객토 등과 같은 인위적인 요소가 있어 토양 함량에 영향을 크게 주지 않는다면, 토양 중 광물학적 특성이 인삼의 화학 조성에 영향을 줄 것이다.⁷⁾

또한 인삼이 생육되는 장기간 동안, 토양에서 발생할 수 있는 물리 화학적 변화인, 토양의 기공 사이 용액에 영향을 주는 토양내 pH, 산화 환원 전위, 토양 온도, 습도 등도 영향을 줄 수 있다.¹⁹⁾

그 외에도 토양 중 생물체, 유기물 부스러기, 부식토와 토양의 물리화학적 특성에 영향을 주는 점토의 양 및 광물의 종류, 토양 중 점토와 섞여 있으면서 토양 입자를 코팅하거나, 기공을 채우거나, 둥근 뿌리혹으로서 발생하며 토양으로 침전하는 Fe, Al, Mn 산화물들이 영향을 줄 수 있다.¹⁹⁾

기존 이들 인접 지역에 대한 비호정성 원소 연구²⁰⁾에서는 원소의 대부분이 화강암 및 천매암 지역은 2년생이, 혈암 지역은 3년생이 높게 나타났다. 2년생이 3년생에 비해 화강암 지역은 Ba, Rb, Sr, Cs 원소에서 낮았고, 천매암 지역은 Ba, Sr, Y, Ta 원소에서 낮았다. 하지만 혈암 지역은 3년생이 2년생에 비해 Ga, Zr에서 낮은 함량을 보였다.

3) 타 지역 동일 연생별 성분 비교

동일 연생별 평균 비교(Table 4)에서는 지역별 차이가 두드러졌다.

일반적으로 2년생의 경우 높은 원소가 혈암 지역이, 낮은 원소가 화강암 지역에서 나타났다. 즉 화강암 지역의 Be, 천매암 지역의 B, 혈암 지역의 Cs, Tl, Cd에서 높은 함량이, 화강암 지역의 Cs, Tl, B, 천매암 지역의 Be, Cd에서 낮은 함량이 나타났다.

3년생의 경우 높은 원소가 화강암 지역이, 낮은 원소가 혈암 지역에서 나타났다. 즉 화강암 지역의 Cs, Be, Cd, 천매암 지역의 B, 혈암 지역의 Tl에서 높은 함량이, 천매암 지역의 Tl, Cd, 혈암 지역의 Cs, Be, B에서 낮은 함량이 나타났다.

일반적으로 4년생의 경우 높은 원소가 화강암 지역이, 낮은 원소가 혈암 지역에서 나타났다. 즉 화강암 지역의 Be, B, Cd, 천매암 지역의 Cs, 혈암 지역의 Tl에서 높은 함량이, 화강암 지역의 Tl, 천매암 지역의 B, 혈암 지역의 Cs, B, Cd에서 낮은 함량이 나타났다.

동일 연생의 인삼 성분 비교에서 토양의 차이는 인삼의 성분에 영향을 줌을 암시한다. 즉 인위적인 요인이 크지 않다면 자연 토양내의 광물 조합 및 함량, 토양 중에서 발생하는 물리, 화학적 변화가 인삼의 함량에 영향을 줄 수 있음을 암시한다.²¹⁾

이 외에도 토양 중 미량원소의 농도 증가²²⁾는 식물체의 뿌

리에 의한 흡수를 증가 시킨다. 식물체는 미량원소를 토양수로부터 취하는데, 토양수는 다양한 반응을 통하여 고상에 포함된 원소들과 평형을 이룬다. 반응으로 흡착, 교환, 유기 및 비유기 리간드와 함께 복합체 형성, 산화환원 반응, 침전과 용해가 있다.²³⁾ 반응의 범위, 즉 미량원소의 용해도는 토양 중 광물, 토양 중 유기물, 토양 pH, 산화환원 전위, 토양 온도, 습도에 영향을 받는다.

토양 중 총 함량²²⁾은 식물체에 유용하여 뿌리에 전달될 수 있는 원소들 전부를 반영하지는 않는다. 한편 토양 수 중에서 미량원소의 양은 실제로 식물에 의해 받아 들여 지는 양보다 낮다. 따라서 식물체가 유용하게 이용하는 부분 중 많은 부분이 고체상에 위치한다.

식물체의 미량원소 취득과 축적은 여러 토양의 요소들, pH, Eh, 점토함량, 유기물 함량, 양이온 교환 능력, 영양염의 균형, 토양 중 다른 미량 원소의 농도, 토양 중 습기 및 온도 등에 의해 영향을 받는다.¹⁹⁾ 즉 이런 다양한 변수들이 타 지역 동일 연생 인삼 성분 차이의 원인이 됨을 암시한다.

기존 이들 인접 지역에 대한 비호정성 원소 연구²⁰⁾는 2년생의 경우 Rb, Cs, Ga는 화강암 지역이 가장 낮은 원소 함량을 보였고, 혈암과 천매암 지역의 비교에서 혈암 지역이 높은 원소함량을 보였다. 3년생의 경우 Ba, Cs, Ga, Zr, Nb, Hf를 포함한 대부분 원소에서 화강암 지역이 천매암 및 혈암 지역에 비해 낮은 함량을 보였고, 이를 원소들의 비교에서 혈암이 천매암 지역에 비해 높은 원소함량을 보였다.

4) 상관관계

아래의 결과에 대한 고찰은 5 % 수준에서 유의적인 차이가 있는 원소 쌍들 간의 상관관계를 나타낸 것이다. 전체적인 정의 관계에서 혈암 지역이 우세하고 천매암 지역이 약하였

으나, 연생 차이가 뚜렷하지는 않았다(Table 5, 6, 7).

혈암 지역: 정의 관계가 4년생에서 우세하였고, 3년생에서 미약하였다(Table 5).

각각을 살펴보면 2년생의 경우 전 원소에서 정 및 부의 관계를 보였다. 정의 상관관계가 Cs-Tl, Be, Cd, Tl-Be, Cd, Be-Cd 쌍에서, 부의 상관관계가 Cs-B, Be-B, Tl-B, B-Cd 쌍에서 나타났다. 3년생에서 부의 상관관계가 우세하였다. 즉 정의 상관관계가 Cs-B, Be-Cd 쌍에서, 부의 상관관계가 Cs-Tl, Be-B 쌍에서 나타났다.

4년생에서 정의 상관관계가 우세하였다. 즉 정의 상관관계가 Cs-Tl, Be, B, Tl-Be, B, Be-B 쌍에서 나타났다. 평균 값에서 정의 상관관계가 Cs-Be, B, Cd, Be-B 쌍에서 나타났다.

천매암 지역: 정의 상관관계가 2년생에서 우세하였고, 4년생에서 미약하였다(Table 6).

각각을 살펴보면 2년생의 경우 정의 관계를 우세하게 보였다. 즉 정의 상관관계가 Cs-Be, B, Tl-Cd, Be-B 쌍에서 나타났다. 3년생에서 부의 상관관계가 우세하였다. 즉 정의 상관관계가 Cs-Tl 쌍에서, 부의 상관관계가 Cs-B, Cd, Tl-Cd 쌍에서 나타났다.

4년생에서 정의 관계가 우세하였다. 즉 정의 상관관계가 Cs-Tl 쌍에서, 부의 상관관계가 B-Cd 쌍에서 나타났다. 평균 값에서 정의 상관관계가 Cs-Tl, Cd, Tl-Cd 쌍에서, 부의 상관관계가 Cs-B, Tl-B, B-Cd 쌍에서 나타났다.

화강암 지역: 정의 관계가 2년생에서 우세하였고, 3년생에서 미약하였다(Table 7).

각각을 살펴보면 2년생의 경우 정의 상관관계가 Cs-Tl, Be, Cd, Tl-Be, Cd, Be-Cd 쌍에서, 부의 상관관계가 Cs-B, Tl-B, Be-B, B-Cd 쌍에서 나타났다. 3년생에서 정의 상관

Table 5. Correlation coefficients of inorganic elements for the ginsengs from the shale area, Keumsan.

A)		2 Year				
		Cs	Tl	Be	B	Cd
3 Year	Cs		.9880	.9999	-.9458	.9926
	Tl	-.9420		.9853	-.8843	.9994
	Be	-.4286	.1005		-.9511	.9905
	B	.8270	-.5904	-.8623		-.8996
	Cd	-.2804	-.0581	.9874	-.7715	
B)		4 Year				
		Cs	Tl	Be	B	Cd
Average	Cs		.9631	.9991	.9949	.5063
	Tl	-.2298		.9506	.9312	.7197
	Be	.9234	.1614		.9984	.4686
	B	.8289	.3540	.9801		.4171
	Cd	.9613	-.4892	.7818	.6425	

#Average means correlation coefficients calculated with average values of the 2, 3 and 4 ginseng areas.

Table 6. Correlation coefficients of inorganic elements for the ginsengs from the phyllite area, Keumsan.

A)		2 Year				
		Cs	Tl	Be	B	Cd
3 Year	Cs		.5135	.9549	.9374	.2350
	Tl	.9715		.2356	.1824	.9547
	Be	-.2441	-.0072		.9985	-.0642
	B	-.9102	-.7861	.6238		-.1183
	Cd	-.8411	-.9453	-.3193	.5415	
B)		4 Year				
		Cs	Tl	Be	B	Cd
Average	Cs		.9998	-.6367	.5153	-.5297
	Tl	.9983		-.6204	.5332	-.5474
	Be	-.1325	-.0744		.3327	-.3168
	B	-.8934	-.8656	.5637		-.9999
	Cd	.9789	.9653	-.3322	-.9663	

#Average means correlation coefficients calculated with average values of 2, 3 and 4 ginseng areas.

Table 7. Correlation coefficients of inorganic elements for the ginsengs from the granite area, Keumsan.

A)		2 Year				
		Cs	Tl	Be	B	Cd
3 Year	Cs		.8669	.9966	-.9873	.8156
	Tl	.9468		.9049	-.9352	.9955
	Be	.1415	.4525		-.9970	.8603
	B	-.5597	-.2633	.7412		-.8973
	Cd	.4358	.1230	-.8293	-.9898	
B)		4 Year				
		Cs	Tl	Be	B	Cd
Average	Cs		.9980	.9914	.2579	-.1364
	Tl	.9427		.9977	.1963	-.0735
	Be	-.1799	.1585		.1294	-.0058
	B	.7168	.9083	.5569		-.9923
	Cd	.9181	.9977	.2247	.9345	

#Average means correlation coefficients calculated with average values of the 2, 3 and 4 ginseng areas.

관계가 Cs-Tl 쌍에서, 부의 상관관계가 Be-Cd, B-Cd 쌍에서 나타났다.

4 년생에서 정의 상관관계가 Cs-Tl, Be, Tl-Be 쌍에서, 부의 상관관계가 B-Cd 쌍에서 나타났다. 평균값에서 정의 상관관계가 Cs-Tl, Cd, Tl-B, Cd B-Cd 쌍에서 나타났다.

토양으로부터 식물체에 흡수되는 원소 함량에 영향을 주는 요소에 대해 많은 연구가 진행된 바 있다.

기본적으로 식물체에 흡수되는 화학 조성은 그 들이 성장하는 매체의 함량조성에 좌우 된다.⁷⁾ 좌우되는 관계의 범위는 다양하고, 여러 요소들에 의해 통제 된다. 대표적인 변수들로 식물체에 의한 흡수, 식물체의 조직 내에서의 이동, 식물체에 의한 이용도, 식물체가 건강하게 성장되는데 필수적인 양, 부족한 양, 초과량 관계, 식물체내 신진대사의 혼란으로 인한 독성과 내성 등이 있다.¹⁹⁾

이런 변수들이 연구 지역의 인삼 성분에 영향을 주고, 인삼

성분의 원소들 간 상관관계에 영향을 줄 수 있다.

기존 이들 인접 지역에 대한 비호정성 원소 연구²⁰⁾는 토양에 관계없이 대부분 원소가 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-Ta 쌍에서 정의 상관관계를 보였다. 이런 경향은 2 년생에 비해 3 년생이 우세하였다. 이는 지역에 관계없이 인삼의 연생이 증가함에 따라 지역에 따라 일정량의 원소들을 흡수하기 때문으로 해석되었다.

5. 토양, 암석, 인삼과의 관계

1) 풍화토와 밭 토양의 관계(풍화토/밭토양)

풍화토와 밭 토양의 상대적인 비(풍화토/밭 토양, Table 8)는 혈암 지역이 대부분 원소에서 풍화토가 높았음을, 천매암 및 화강암 지역은 밭 토양이 높았음을 보여주고 있다. 혈암

Table 8. Relative ratios among weathered(W) and cultivated(F) soils and host rock(R) from the Keumsan area.

1) W/F	V	Ba	Sr	Cs	Y	Zr	Tl	Ge	Be
SLW2(Av)/SLF2	0.90	0.93	1.00	1.14	0.87	1.03	1.19	1.07	1.00
SLW3(Av)/SLF3	1.10	0.92	1.04	1.17	1.06	1.04	1.53	1.24	1.00
SLW4(Av)/SLF4	1.31	0.83	0.72	1.01	1.24	1.20	0.87	0.61	1.00
SLW(Av)/SLF	1.10	0.89	0.92	1.11	1.06	1.09	1.20	0.97	1.00
PHW2(Av)/PHF2	0.92	1.20	1.06	0.88	0.81	1.27	0.94	0.93	0.75
PHW3(Av)/PHF3	0.89	0.93	0.98	0.97	1.01	0.95	1.15	1.09	1.00
PHW4(Av)/PHF4	0.93	0.57	1.57	1.05	1.11	1.29	1.16	1.14	1.00
PHW(Av)/PHF	0.91	0.90	1.20	0.97	0.98	1.17	1.08	1.05	0.92
GRW2(Av)/GRF2	2.67	1.91	2.31	0.27	1.22	1.43	0.29	0.65	0.75
GRW3(Av)/GRF3	1.21	1.10	0.80	0.51	0.84	0.81	0.95	1.12	1.12
GRW4(Av)/GRF4	1.28	1.14	1.39	0.42	0.92	0.65	0.76	0.90	1.00
GRW(Av)/GRF	1.72	1.38	1.50	0.40	0.99	0.96	0.67	0.89	0.96
2) F/R	V	Ba	Sr	Cs	Y	Zr	Tl	Ge	Be
SLF2(Av)/SLR2	1.50	2.80	10.50	3.72	7.75	3.41	1.73	1.12	1.50
SLF3(Av)/SLR3	1.19	1.71	2.98	4.84	5.27	2.67	1.32	1.11	1.50
SLF4(Av)/SLR4	0.17	0.30	1.53	1.74	0.69	1.67	0.48	0.89	1.50
SLF(Av)/SLR	0.95	1.61	5.00	3.43	4.57	2.59	1.17	1.04	1.50
PHF2(Av)/PHR2	1.19	0.85	0.77	1.10	1.67	1.11	1.13	1.61	1.00
PHF3(Av)/PHR3	1.61	1.34	1.04	1.74	1.41	1.16	0.67	1.32	1.00
PHF4(Av)/PHR4	2.67	2.33	0.25	1.07	1.93	2.25	1.41	2.35	1.50
PHF(Av)/PHR	1.82	1.50	0.69	1.30	1.67	1.51	1.07	1.76	1.17
GRF2(Av)/GRR2	-	2.85	0.47	10.00	1.00	0.68	6.54	1.43	2.00
GRF3(Av)/GRR3	-	1.70	3.60	0.88	4.78	4.16	0.92	1.05	2.67
GRF4(Av)/GRR4	0.78	1.11	0.44	1.02	1.30	1.82	1.48	1.47	1.00
GRF(Av)/GRR	-	1.89	1.50	3.96	2.36	2.22	2.98	1.32	1.89

#Abbreviation: SL for shale area, PH for phyllite area and GR for granite area and alphabets(2,3,4) for the ages of ginsengs.

지역에서 천매암, 화강암 지역으로 갈수록 1 이하를 보이는 원소는 많아 혈암 지역에 비해 천매암 지역이, 천매암 지역에 비해 화강암 지역이 풍화토 보다는 밭 토양에서 높았음을 암시한다.

각각을 살펴보면 혈암 지역에서는 V, Cs, Y, Zr, Tl은 1 이상으로 밭 토양에 비해 풍화토가 높은 원소 함량을 보임, Ba, Sr, Ge은 1 이하로 밭 토양이 높음을 암시한다.

천매암 지역의 경우 Sr, Zr, Tl, Ge는 1 이상으로 풍화토가 높은 원소 함량을 보였고, V, Ba, Cs, Y, Be는 1 이하로 밭 토양의 함량이 높음을 암시하고 있다. 화강암 지역의 경우 V, Ba, Sr은 1 이상으로 풍화토양이 높았고, Cs, Y, Zr, Tl, Ge, Be는 1 이하로 밭 토양의 함량이 높음을 암시하고 있다.

이들 차이는 토양이라 하더라도, 지역 간 함량차이는 풍화토와 밭토양의 특성 차이 탓이다. 즉 풍화토는 인위적 요인이 거의 없이 암반이 개방된 상황의 물리, 화학적 조건에서 풍화를 받는 지역인데 반해, 밭 토양은 적어도 한번은 경운을 하여 상부 토양이 혼합되었고, 해가림 밑에서 인삼이 다년생으로 자라면서 토양내 원소들이 인삼 내에서 흡수되어 토양의 함량에 영향을 줄 것이고, 많은 경우는 아니지만 해가림 밑의

물-토양의 상호 반응이 장기간 진행되어 토양의 조성에 영향을 줄 것이기 때문이다.

2) 토양과 암석의 관계

풍화토와 모암의 상대적인 비(풍화토/모암, Table 8)는 지역에 관계없이 대부분 원소가 풍화토에서 높았음을 보여주고 있다. 각각을 살펴보면 혈암 지역의 경우 V를 제외한 나머지 전 원소비가 1 이상 값이었고, 천매암 지역의 경우도 Sr을 제외한 나머지 전 원소비가 1 이상 값이었다. 화강암의 경우 V를 제외한 나머지 전 원소에서 1 이상 값을 보였다. 결론적으로 대부분의 풍화토가 모암보다 높았고, 화강암 지역의 경우 이런 경향이 우세하였다.

이들 관계는 풍화 과정을 거치며 일부 원소가 용출된 토양과 그렇지 않은 원래 모암의 특성 차이로 설명이 될 듯하다.

기존 이들 인접 지역에 대한 비호정성 원소 연구²⁰⁾에서 풍화토와 모암의 상대적인 비(풍화토/모암)는 지역에 관계없이 대부분 원소가 1 이상을 보여, 대부분의 풍화토가 모암보다 높았고, 혈암 지역의 경우 이런 경향이 우세하였음을 보여주고 있다.

3) 토양과 인삼의 성분과 관계

인삼과 토양의 원소 함량 관계가 Table 9에 있다.

(1) 연생에 관계없이 전 평균에 대한 지역적 비교

연생에 관계없이 평균치 비교(밭토양/인삼)에서 Cs, Tl, Be는 수 백 배 차이를 보였다(Table 9). 지역별 비교에서 높은 비율이 혈암 지역의 Be, 천매암 지역의 Cs, 화강암 지역의 Tl에서, 낮은 비율이 혈암 지역의 Tl, 화강암 지역의 Be, Cs에서 나타났다. 이 결과는 지역에 관계없이 토양과 인삼의 비교에서 토양이 인삼에 비해 Cs, Tl, Be에서 높고, 커다란 차이가 발생함을 암시한다.

또한 3 토양 중 화강암 지역의 인삼이 다른 두 지역보다 원소 함량에서 토양의 조성에 가까움을 암시한다.

즉 화강암 지역이 혈암 및 천매암 지역과 광물 조합 및 광물 내 함량에서 차이를 보이고, 화강암 지역 토양 내에서 이들 원소들을 용출 시키는데 영향을 주는 여러 물리, 화학적 특성 즉, 토양 중 유기물질, 점토의 양 및 광물의 종류, Fe, Al, Mn 산화물, 토양 중 산화 환원 상태 등이 혈암 및 천매암 지역보다 유리한 조건이었음을 암시한다.

기존 이들 인접 지역에 대한 비호정성 원소 연구¹²⁾에서는 2 년생 및 3 년생에 관계없이 Ba, Sr 원소가 대부분 지역에서 인삼이 높았고, 그 외 원소는 토양에서 높았다. 하지만 Rb의 경우 화강암의 2 년생과 3 년생에 관계없이 토양에서 높았다. 또한 두드러진 인삼과 토양과의 원소함량 차이가 Zr과 Nb에서 나타났다.

(2)동 지역 내 연생 차이별 평균값 비교(밭토양/인삼 함량)

동 지역 내 연생 차이별 평균값의 상대비 비교는 3 토양별로 차이를 보였다(Table 9).

혈암 지역에서 높은 비율이 2 년생의 Tl, 4 년생의 Cs, Be에서 나타났고, 낮은 비율이 2 년생의 Cs, Be, 4 년생의 Tl에서 나타났다. 천매암 지역에서 높은 비율이 2 년생의 Cs, Tl, 3 년생의 Be에서 나타났고, 낮은 비율이 4 년생의 Cs, Tl, Be에서 나타났다. 그리고 화강암 지역에서는 높은 비율이 2 년생의 Cs, Tl, Be에서 나타났고, 낮은 비율이 3 년생의 Cs, Tl, 4 년생의 Be에서 나타났다.

한 지역 내에서 수년간 생육되는 인삼을 고려 할 때에 인삼이 생육된 후 토양 중에서 발생할 수 있는 여러 사건들이 인삼의 성분에 영향을 줄 수 있다.²¹⁾ 식물에 의해 취해지거나 축적 될 수 있는 원소들은 토양 중의 여러 요소들에 의해 영향을 받을 수 있다. 이런 요소들로 pH, Eh, 점토 광물 함량, 유기물 함량, 양이온 교환능력, 영양소의 균형, 토양 중 다른 원소들의 농도, 토양 중 습기 및 온도 등이 있다.²²⁾

토양의 pH는 미량원소들을 식물체가 흡수 할때 영향을 주

Table 9. Relative ratios between cultivated soils(F) and ginsengs(G) from the Keumsan area.

A)Shale area			
SAMPLE	Cs	Tl	Be
SLF2-1/SLG2-1	281.15	276.40	560.67
SLF2-2/SLG2-2	31.71	86.58	84.01
SLF2-3/SLG2-3	300.25	606.22	537.01
SLF2(A)/SLG2(A)	76.90	177.02	192.93
SLF3-1/SLG3-1	326.77	155.11	299.76
SLF3-2/SLG3-2	167.45	175.73	432.39
SLF3-3/SLG3-3	248.25	112.17	553.71
SLF3(A)/SLG3(A)	231.74	141.13	402.43
SLF4-1/SLG4-1	154.36	83.83	157.72
SLF4-2/SLG4-2	1038.00	240.27	600.00
SLF4-3/SLG4-3	644.75	173.72	508.65
SLF4(A)/SLG4(A)	331.58	135.99	422.12
SLF(A)/SLG(A)	149.62	150.90	339.16
B)Phyllite area			
SAMPLE	Cs	Tl	Be
PHF2-1/PHG2-1	215.38	367.01	234.67
PHF2-2/PHG2-2	309.13	494.83	328.47
PHF2-3/PHG2-3	252.37	656.13	252.74
PHF2(A)/PHG2(A)	253.25	475.13	266.37
PHF3-1/PHG3-1	339.21	619.82	349.51
PHF3-2/PHG3-2	235.94	301.91	260.94
PHF3-3/PHG3-3	187.09	295.03	410.69
PHF3(A)/PHG3(A)	240.18	378.00	328.65
PHF4-1/PHG4-1	53.03	63.05	281.42
PHF4-2/PHG4-2	102.16	187.50	273.60
PHF4-3/PHG4-3	99.32	172.00	245.37
PHF4(A)/PHG4(A)	77.69	117.59	265.87
PHF(A)/PHG(A)	149.95	248.90	282.26
C)Granite area			
SAMPLE	Cs	Tl	Be
GRF2-1/GRG2-1	223.51	760.98	170.45
GRF2-2/GRG2-2	331.19	1114.40	237.83
GRF2-3/GRG2-3	428.02	1117.87	268.13
GRF2(A)/GRG2(A)	305.27	976.94	217.37
GRF3-1/GRG3-1	95.67	310.20	228.98
GRF3-2/GRG3-2	50.72	123.59	277.56
GRF3-3/GRG3-3	51.77	121.42	110.16
GRF3(A)/GRG3(A)	60.56	153.84	190.18
GRF4-1/GRG4-1	46.07	98.29	90.55
GRF4-2/GRG4-2	314.25	477.97	300.70
GRF4-3/GRG4-3	77.71	131.79	118.02
GRF4(A)/GRG4(A)	79.55	154.66	131.34
GRF(A)/GRG(A)	107.07	253.93	174.91

#Soil type(SL)-ages of ginsengs(2)-locality(1)

#Abbreviation: GR for granite area, PH for phyllite area, SL for shale area and alphabets(2,3,4) for the ages of ginsengs.

는 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 일반적으로 식물에게 필수적이건 그렇지 않던 모든 원소의 토양 중 유용성은 pH가

높을 때 낮다. 왜냐 하면 토양 중 고상으로 침전 및 흡착이 pH가 증가 함에 따라 증가하기 때문이다.²⁴⁾ 산화 환원 전위가 감소하면 미량원소의 이동성을 감소된다.²⁵⁾ 낮은 Eh에서 금속은 황화물로 침전된다.

토양 중금속 물질들은 점토광물 표면에 확실하게 유지되는 점토질 토양 보다, 사질 토양에서 유용하다.²⁶⁾ 비결정질 수산화물과 산화물, 김사이트, 알로페인과 같은 점토는 토양 중에서 금속 물질을 흡수하고, 이동성을 감소시킨다.

토양 중의 유기물질은 카르복실과 페놀 그룹에서 부의 사이트 등에 포함되고 있어, 금속 물질의 복합체를 만들도록 허용한다. 금속은 침전되어 고정되고, 유기물에 흡착되고, 낮은 분자량을 갖는 화합물과 함께, 용해 될 수 있는 유기 복합체로서 토양수 안에 위치한다.

뿌리에 의해 미량원소의 흡수되는 정도는 다른 원소들 농도에 의해 통제 된다. 어떤 원소들의 취득은 매질에 고농도로 존재하는 다른 원소들에 의해 증진되거나 방해 되고, 다량영양은 식물체내 미량원소의 취득을 방해한다.²⁷⁾ 예로 칼슘은 식물체 뿌리 표면의 흡수되는 유용한 부분에서 경쟁을 하여 Cd 같은 금속 물질의 흡수를 통제한다.²⁸⁾ 그 외의 토양 중 습기 및 온도들이 한 지역에서 수년간 생육되는 인삼의 화학 조성에 영향을 줄 수 있다.

기존 이들 인접 지역에 대한 비호정성 원소 연구²⁰⁾에서는 2 년생 및 3 년생에 관계없이 Ba, Sr 원소가 대부분 지역에서 인삼이 높았고, 그 외 원소는 토양에서 높았다. 하지만 Rb의 경우 화강암의 2 년생과 3 년생에 관계없이 토양에서 높았다. 또한 두드러진 인삼과 토양과의 원소함량 차이가 Zr 과 Nb에서 나타났다.

(3)각 대조구별 동일 연생의 평균값 비교(발토양/인삼 함량) 평균값에 대한 3 토양별 비교에서 명확한 차이가 나타나지 않았다(Table 9). 즉 2 년생의 경우 상대 비에서 높은 값이 화강암 지역의 Cs, Tl, 천매암 지역의 Be, 낮은 값이 혈암 지역의 Cs, Tl, Be에서 나타났다. 3 년생의 경우 상대 비에서 높은 값이 천매암 지역의 Cs, Tl, 혈암 지역의 Be, 낮은 값이 화강암 지역의 Cs, Tl, 혈암 지역의 Be에서 나타났다. 4 년생의 경우 상대 비에서 높은 값이 화강암 지역의 Tl, 혈암 지역의 Cs, Be, 낮은 값이 화강암 지역의 Be, 천매암 지역의 Cs, Tl에서 나타났다.

이들 관계는 앞에서 언급한 바와 같이, 토양내 원 광물의 함량 및 조합, 이들이 풍화 과정 중 형성하는 점토광물, 산화 및 수산화 광물, 풍화과정 중 발생할수 있는 물-암석반응, 그리고 물-암석 반응이 일어 날 때 영향을 주는 물리, 화학적 변수, 즉 pH, 용해도, 온도 등의 차이 탓으로 설명이 될 수 있다.²⁴⁾

요 약

연구 결과는 아래와 같다.

풍화 토양에서 혈암 및 화강암 지역이 높은 원소가, 화강암 지역이 낮은 원소가 많았다. 이는 토양내의 이들 원소를 함유할 수 있는 광물의 존재와, 함량으로 설명이 될 수 있다.

밭 토양에서 천매암 지역이 높은 원소가, 화강암 지역은 낮은 원소가 많았다. 즉 이 관계는 토양 내 함유 되어 있는 광물내 원소의 특성과, 풍화작용, 인삼의 생육기간 동안 발생하는 토양내의 물리, 화학적 작용 탓으로 설명할 수 있다.

모암에서 혈암이 높은 원소가, 화강암이 낮은 원소가 많았다. 각 암석별 원소 함량 차이는 암석 중 존재하는 광물의 특성으로 설명이 가능하다.

인삼은 각 지역별 함량 비교에서 높은 값이 혈암 지역의 Tl, 천매암 지역의 Cs, B, 화강암 지역의 Be, Cd에서 나타났다. 이 들 관계는 토양 중 이들 원소들을 함유하고 있는 광물의 종류 및 함량 차이에 의한 영향과 토양 중에서 원소의 거동에 영향을 주는 물리, 화학적 특성 차이 탓이다.

동일 지역 연생 차이별 성분 비교에서 높은 원소가 혈암 지역은 2 년생, 천매암 및 화강암 지역은 4 년생에서, 타 지역 동일 연생별 평균 비교에서 높은 원소가 2 년생은 혈암 지역이, 3, 4 년생은 화강암 지역에서 나타났다. 이는 토양 중 광물의 특성, pH, 온도 등의 물리, 화학적 변수들이 특정 연령 및 토양 지역에 더 잘 반영 되었음을 암시한다.

풍화도와 발토양의 관계에서 혈암 지역이 대부분 원소에서 풍화도가 높고, 천매암 및 화강암 지역은 발토양이 높았다. 이는 풍화도는 개방된 상황에서 풍화를 받는 지역인데 반해, 발토양은 인위적인 영향을 받았고, 해가림 밑에서 인삼이 다 년생으로 자라면서 원소들이 인삼 내에서 흡수되고, 해가림 밑에서 풍화에 의한 영향을 받았을 것을 암시한다.

토양과 인삼의 성분과의 관계에 토양이 인삼에 비해 Cs, Tl, Be에서 높고, 커다란 차이가 나타났다. 3 토양 중 화강암 지역의 인삼이 다른 두 지역보다 원소 함량에서 토양의 조성에 가까움을 암시한다.

인용문헌

1. Park, H. and Choi, B.J. : Effect of soil moisture on partition of mineral nutrients in *Panax ginseng*. *Korean J. Ginseng Sci.* 7(1), 74-79 (1983).
2. Lee, I.H., Yuk, C.S., Han, 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). *Korean J. Ginseng Sci.* 4(2), 175-185

- (1980).
3. Lee, T.S, Mok, S.K., Cheon, S.K., Choi, K.J. and Choe, J. : Chemical components of rusty root of ginseng. *Korean J. Ginseng Sci.* **19**(1), 77-83 (1995).
 4. Park, H., Lee, M.J., Cho, B.G. and Lee, J.R. : The Physiochemical properties of starch from inside white fresh ginseng. *Korean J. Ginseng Sci.* **18**(3), 191-195 (1994).
 5. Lee, J.C., Byun, J.S., Ahn, D.J. and Jo, J.S. : Effect of physical properties of soil on ginseng seedling growth in nursery bed. *Korean J. Ginseng Sci.* **19**(3), 287-290 (1995).
 6. Chung, C.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.. *Korean J. Ginseng Sci.* **19**(2), 160-164 (1995).
 7. Alina, K.P. and Henryk, P. : Trace Elements in Soils and Plants, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida (1985).
 8. Robson, A.D.: Zinc in soils and plants. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London (1993).
 9. Min, E.S., Song, S.H. and Kim, M.H. : Heavy metal concentrations of rocks, soils and plants from the serpentine area in Andong, Kyungsangbuk-Do. *The Korean J. Environ. Eco.* **13**(3), 288-294 (1999).
 10. Kim, M.H., Min, E.S. and Song, S.H. : Heavy metal content of *Gypsophila oldharmina* growing from serpentine. *The Korean J. Eco.* **20**(5), 385-391. (1997).
 11. Song, S.H., Lee, Y.G. and Min, E.S. : Transitional element contents of the Ginsengs, Keunsan area. *Korean J. Plant Rec.* **16**(1), 25-33 (2003).
 12. Song, S.H. and Min, E.S. : Incompatible elements of Ginsengs growing by different soils of the Keumsan. *J. Ginseng Res.* **28**(1) 52-59 (2004).
 13. Choi, S.W. and Kim, O.S. : Medical environmental geochemistry. Dosechulpan, Chunkwang (1996)
 14. Song, S.H., Min, E.S. and Song, J.C. : REE(Rare earth element) contents for the Korean ginsengs from three different soils. *J. Ginseng Res.* **32**(4), 357-381 (2008).
 15. Rural Development Administration : The analysis of soil chemistry - Soil, plants and soil microorganism (1988).
 16. Hoffaman, E.L. : Instrumental neutron activation in geoanalysis. *J. Geochemi. Explor.* **44**, 297-319 (1997).
 17. Reimann, C. and Caritat, P. : Chemical elements in the environment. Springer -Verlag, Berlin (1998).
 18. Deer, W.A., Howei, R.A. and Zussman, J. : An introduction to rock-forming minerals. Longman Group Ltd., London (1966).
 19. Henderson, P. : Rare Earth Element Chemistry. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York (1984).
 20. Song, S.H., You, S.G. and Min, E.S. : Characteristics of the incompatible element contents of the ginsengs from Keumsan. *J. Ginseng Res.* **30**(3), 137-152 (2006).
 21. Alloway, B.J. : Heavy metals in soils. Blackie Academic & Professional, London (1995).
 22. Tarradllas, J., Bitton, G. and Rossel, D. : Soil ecotoxicology. Lewis Publishers, Tokyo (1997).
 23. Mattigod, S.V, Sposito, G.M. and Page, L.A. : Factors affecting the solubilities of trace metals in soils, in Chemistry in the Soil Environment, ASA, SSSA, Maduson, WI, Special Publication **40**, 203-221 (1981).
 24. McBride, M.B., Tyler, L.D. and Hovde, D.A. : Cadmium adsorption by soils and uptake by plants as affected by soil chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **45**, 739 (1981).
 25. Wu, Q.T., Morel, J.L. and Guckert, A. : Influence de la forme de l'azote combine' sur le transfert soil-plante du cadmium. *Comptes Rendus de l'Acad. Sci. Paris* **309**, 215 (1989).
 26. Eriksson, J.E. : The influence of pH, soil type, and time on absorption and uptake by plants of Cd added to the soils. *Water Air Soil Pollut.* **48**, 317 (1989).
 27. Logan, T.J. and Feltz, R.E. : Plant uptake of cadium from acid-extracted anaerobically digested sewage sludge. *J. Environ. Qual.* **14**, 495 (1985).
 28. Cataldo, D.A., Garland, T.R. and Wildung, R.E. : Cadmium uptake kinetics in intact soybean plants. *Plant Physiol.* **73**, 844 (1983).