

금산 지역 들깨와 참깨의 비호정성 원소 함량 비교

송석환*[†] · 김일출**

*중부대학교 환경보건학과, **중부대학교 화장품과학과

Comparisons of Incompatible Element Contents between the *Perilla frutescens* var. *japonica* and *Sesamum indicum* in Keumsan Area

Suckhwan Song*[†] and Ill-Chool Kim**

*Dept. of the Environmental Health, Joongbu Univ., Keumsan 312-940, Korea

**Dept. of Cosmetic Science and Technology, Joongbu Univ., Keumsan 312-940, Korea

ABSTRACT This study is for incompatible element contents of *Perilla frutescens* and *Sesamum indicum* from the Keumsan: biotite granite, phyllite and shale areas. In the soils, high elements are shown in the granite and phyllite areas, and in the areas of the *Perilla frutescens*. Positive correlations are distinctive within the granite for the *Perilla frutescens*, but the shale for the *Sesamum indicum*. These relationships can be explained with relative propositions of minerals containing the incompatible element. In the plants, high elements are shown in the shale and the *Sesamum indicum* are high in the comparisons of the same soil types. The low parts are mainly high. Regardless of the soil types, the lower and upper parts, respectively, are high in the Y, Zr and Rb contents for the *Perilla frutescens*, but, Ta, Nb, Th and U contents for the *Sesamum indicum*. Positive correlations are distinctive within plants of the phyllite. Comparing with the soil types, all HFS and Cs contents of the LFS in the plants are low with differences of several to hundred times, but high in the Sr contents with differences of several times. In the comparisons between plants and soil types, Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Rb, and Sr of the phyllite and Th, U, Ba and Cs of the shale for the *Perilla frutescens* as well as Y, Zr, Hf, Rb, Sr, Ba and Cs of the phyllite and Ta, Nb, Th and U of the shale for the *Sesamum indicum* are chemically similar to the soils. In the comparisons of the each parts for the plant types, differences with the soils are big in the granite.

Keywords : Keumsan, incompatible element, soil, *Perilla frutescens*, *Sesamum indicum*

지구상에는 다양한 광물 조합을 갖는 암석들이 존재한다 (Deer *et al.*, 1966). 이들 각각의 광물들은 서로 다른 화학 조성을 갖는바 인위적인 오염원이 존재하지 않을시 각각의 토양에 뿌리를 내리고 있는 식물들은 각기 다른 화학 조성 차이를 보인다(Salmons *et al.*, 1995). 이 결과 최종적으로 생태계의 최상부에 위치하는 사람에게 직접적인 영향을 줄 수 밖에 없다(최와 김, 1996). 금산 지역도 다양한 변성 퇴적암과 화성암류들이 존재한다(홍과 최, 1978). 이곳에 다양한 식물들이 존재하는 바 이들 또한 다양한 화학 조성을 가질 수 있음이 명확하다.

본 연구는 금산 북부 지역의 3 다른 토양에서 농작물로서 재배하는 들깨 및 참깨에 대한 연구이다. 2005년 금산군에서 참깨는 161.9 ha(97.5 M/T), 들깨는 124 ha(106.5 M/T)가 재배 및 생산되었는데, 이는 각각 충남 전체 경지 면적의 1.92%, 1.46%이다(금산군청, 2006).

들깨(*Perilla frutescens* var. *japonica*)는 통화 식물목, 꿀풀과의 한해살이풀이다(정 등, 2004). 씨는 깨소금 또는 기름을 짜기 위해 쓰이고, 공업적으로는 페인트, 니스, 인쇄잉크, 비누원료 등으로 이용된다(Bin *et al.*, 1988). 동부 아시아가 원산지로 한국, 중국, 인도, 일본 등지에 분포한다(Oh *et al.*, 1995; Park *et al.*, 1990). 이 들깨잎이 깻잎인데, 독특한 향기 및 유용한 성분이 들어 있어(농촌 진흥청, 1996), 채소로서 사용되어 쌈이나 나물, 장아찌 또는 김치로 먹는 식품이다(농촌 진흥청, 1986). 이 깻잎이 금산 추부 지역에서 재배되어, 전국 시장에 유통되고 있다.

참깨(*Sesamum indicum*)는 통화 식물목, 참깨과 한해살이 풀이다(정 등, 2004). 지방이 50%, 단백질 20%, 당질 16%, 섬유소 3%가 들어 있으며, 비타민 B, E도 많다(김 등, 2004). 기름은 식용하고, 깨소금을 만들어 조미료로 쓰며, 떡·엿·

[†]Corresponding author: (Phone) +82-41-750-6633
(E-mail) shsong@joongbu.ac.kr

<Received September 8, 2008>

과자 등에 넣기도 한다(류 등, 2003). 원산지는 인도 또는 아프리카로 보는 설이 있다(류 등, 2002).

기존의 일부 연구는 들깨 및 참깨내의 무기성분을 언급하고 있다(류 등, 2002; 이 등, 2002). 하지만 이들 연구들은 식물과 토양과의 관계에 대해서는 접근하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 들깨 및 참깨 재배지의 토양과 식물과의 관계를 비호정성 원소(Mason & Moore, 1992)로 접근해 보려고 한다.

이 비호정성 원소는 지구 내 맨틀 성분이 용융될 때 쉽게 용융상태로 전환되기 보다는 광물 상태로 남길 원하는 원소로서, 광물의 구조 내에 남아있음으로서 쉽게 자연 상태로 빠져나가지 않은 원소이다(Mason & Moore, 1992; Rollinson, 1993). 이 원소는 높은 전하와 작은 반경의 HFS(ionic potential > 2.0)와, 저 전하와 큰 반경의 LFS(ionic potential < 2.0)로 분류된다. HFS 이온으로 Sc, Y, Th, U, Pb, Zr, Hf, Ti, Nb, Ta이 있고, LFS 이온으로 Cs, Rb, K, Ba Sr 이 있다.

연구를 위해 금산 지역의 3 대표적인 토양인, 창리층의 흑색세일, 대덕리층의 천매암, 중생대 화강암 지역을 선정, 토양시료를 들깨 및 참깨와 함께 채취하였다. 이들에 대한 비호정 원소를 분석하여 식물내의 흡수 함량, 종에 따른 흡수 함량 차이, 이들 식물체와 토양의 이화학적 특성과의 차이에 대해 알아보려 한다. 이 연구는 들깨와 참깨의 종 및 토양에 따른 비호정 원소의 함량관계를 규명하는데 도움이 되리라 확신한다.

재료 및 방법

조사지역의 개황

조사 지역의 개황은 기존 연구를 근거(홍과 최, 1978)로 다수의 논문에 언급되어(송 등, 2006)에 있으므로, 본 연구에서는 약술 하겠다. 이 지역은 고생대로 추측되는 기저암인 변성퇴적암류와 중생대의 관입암류, 그리고 제4기 충적층 등으로 구성되어 있다. 변성퇴적암류인 옥천 누층군은 하부로부터 마전리층, 창리층, 문주리층, 대덕리층으로 구성 되어 있다. 이 들 중 창리층은 흑색 천매암질 내지 편암과 흑색 점판암, 녹색 천매암, 세일 등으로 구성되며, 흑색 변질 세일, 탄질 세일, 운모질 천매암 및 운모편암 등을 부분적으로 포함한다. 구성광물은 석영, 장석, 흑운모, 각섬석, 견운모, 탄질물, 불투명 광물 등이 있다. 대덕리층은 녹회색 천매암으로 구성되어 있고, 규암을 다수 협재 한다. 천매암은 주 구성 광물로 석영, 녹리석, 백운모를 포함하며, 부 구성광물로 녹염석, 황철석, 견운모, 저어콘 등을 포함하기도

한다. 유라기 관입암인 함 흑운모 화강암은 주 구성 광물로 석영, 알칼리 장석, 사장석, 흑운모, 각섬석을, 부수적으로 녹리석, 저어콘 등을 포함한다.

시료채취 및 분석

2004년 8월부터 2004년 11월까지 6회에 걸쳐 지질조사를 실시하고 참깨 및 들깨 밭 분포를 조사하였다. 식물은 토양별로 4~7개를 채취하여, 각 지점별 대표시료로 하였고, 식물이 채취된 직 하부에서 토양 시료를 대략 1 kg씩 채취하였다.

채취된 식물 시료는 실험실에서 증류수로 7회 이상 세척을 거쳐 이물질을 제거한 후 지상부(잎과 줄기)와 지하부(뿌리)로 분리하였다. 이 시료를 실험실에서 약 9주간 충분히 건조시켜 1지점의 대표 시료로 하였다. 시료는 90°C로 건조시켜 파쇄한 후 15 g을 칭량하여 약 30 ton으로 압축시켜 제조한 고상탄에 15분간 $7 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 파장으로 빛을 조사하고, 7일 후 부식된 시료를 INAA(Instrumental Neutron Activation Analysis)를 이용하여 캐나다의 ACTLABS(Activation Laboratories Ltd.)에서 분석하였다(Hoffman, 1997).

토양 시료는 잘 혼합하여, 실험실로 운반, 9주간 풍건시킨 후, 2 mm 채로 쳐 4분하여 대표시료로 하였다. 분석 방법은 시료를 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 2시간 동안 용해시켜 액상으로 만들었다. 냉각시킨 후 증류수 10 ml를 첨가한 후 Thermo Jerrel Ash Enviro II ICP로 분석하였다.

결과 및 고찰

토양의 원소함량

전체적으로 3 토양별 비교에서 들깨 및 참깨 모두 천매암 및 화강암 지역이 높은 원소가 많았고, 세일지역이 낮은 원소가 많았다. 각 식물체별 토양 함량 비교는 대부분 원소가 들깨 지역에서 높았다.

각각을 살펴보면 들깨가 재배되는 토양의 평균값(Table 1)에 대한 3 토양별 비교에서 지역별 차이가 명확하지 않았다. 하지만 높은 값이 천매암 지역의 Y(40.48 ppm), Th(22.46 ppm), Rb(156.40 ppm), Cs(14.94 ppm), 세일 지역의 Ta(2.97 ppm), Nb(39.70 ppm), U(4.69 ppm), 화강암 지역의 Zr(496.68 ppm), Hf(12.79 ppm), Sr(398.62 ppm), Ba(758.47 ppm)에서 나타났다. 낮은 값이 천매암 지역의 Zr(170.57 ppm), Hf(4.62 ppm), Ta(1.45 ppm), U(4.11 ppm), 세일 지역의 Rb(143.70 ppm), Sr(55.30 ppm), Ba(564.85 ppm), Cs(8.08

Table 1. Element contents of soils (Abb. T) cultivating the *Perilla frutescens*(Abb. F) from Keumsan (Unit: ppm).

	Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
TFP1	37.73	169.00	4.65	1.45	15.95	21.57	4.15	158.72	139.70	686.44	14.43
TFP2	41.71	173.82	4.65	1.47	16.63	23.11	4.12	158.57	136.92	696.61	15.38
TFP3	42.01	168.87	4.55	1.42	15.82	22.70	4.07	151.91	151.50	706.59	14.99
TFPAv	40.48	170.57	4.62	1.45	16.14	22.46	4.11	156.40	142.71	696.55	14.94
TFS1	37.16	302.46	7.76	3.02	39.80	19.13	4.72	147.76	54.98	553.45	8.35
TFSP2	34.81	304.37	7.59	3.00	40.04	17.81	4.75	137.88	54.37	570.02	7.63
TFSP3	32.27	301.74	7.57	2.89	39.25	18.53	4.61	145.47	56.54	571.09	8.27
TFSAv	34.75	302.86	7.64	2.97	39.70	18.49	4.69	143.70	55.30	564.85	8.08
TFG1	19.87	497.29	12.99	0.61	9.34	16.61	4.05	161.85	407.03	743.49	9.85
TFG2	17.19	485.99	12.53	3.23	9.14	16.04	4.53	154.86	339.80	769.59	6.62
TFG3	20.51	506.75	12.85	1.20	14.38	19.74	4.97	128.07	449.02	762.32	9.55
TFGAv	19.19	496.68	12.79	1.68	10.95	17.46	4.51	148.26	398.62	758.47	8.67
TFAv	31.47	323.37	8.35	2.03	22.26	19.47	4.44	149.45	198.87	673.29	10.56
FTPAv/FTGAv	2.11	0.34	0.36	0.86	1.47	1.29	0.91	1.05	0.36	0.92	1.72
FTSAv/FTGAv	1.81	0.61	0.60	1.77	3.62	1.06	1.04	0.97	0.14	0.74	0.93

#Abbreviations: P for phyllite, S for shale, and G for granite areas, and T for top soils. Alphabet means sample localities. Av for Average values.

ppm), 화강암 지역의 Y(19.19 ppm), Nb(10.95 ppm), Th (17.46 ppm)에서 나타났다.

천매암 지역에 대한 화강암 지역의 비(천매암/화강암)에서 Nb, Th, Cs는 1 이상을, Zr, Hf, Ta, U, Rb, Sr, Ba는 1 이하를 보였다(Table 1). 세일 지역에 대한 화강암 지역의 비(세일/화강암)에서 Y, Ta, Nb, Th, U는 1 이상을, Zr, Hf, Rb, Sr, Ba, Cs는 1 이하를 보였다(Table 1). 이 결과는 화강암 지역에 비해 천매암 및 세일 지역은 HFS가 높은 원소가 많으며, LFS가 낮은 원소가 많음을 의미한다.

이는 천매암 및 세일 지역이 저어콘 등과 같이 HFS 원소를 함유하는 광물들이 많음을, 화강암 지역은 알칼리 장석, 사장석 및 백운모과 같은 LFS를 포함하는 광물이 천매암 및 세일 지역에 비해 많음을 암시한다(Deer *et al.*, 1966; Mason & Moore, 1992).

참깨가 재배되는 토양의 평균값(Table 2)에 대한 3 토양별 비교에서, LFS는 화강암 지역이 높았고, 세일 지역이 낮았다.

각각을 살펴보면 높은 값이 천매암 지역의 Y(38.44 ppm), Th(19.21 ppm), Cs(8.21 ppm), 세일 지역의 Ta(1.54 ppm), Nb(17.69 ppm), 화강암 지역의 Zr(628.41 ppm), Hf(16.54 ppm), U(4.17 ppm), Rb(125.95 ppm), Sr(397.02 ppm), Ba (757.40 ppm)에서 나타났다. 낮은 값이 천매암 지역의 Zr (158.74 ppm), Hf(4.36 ppm), 세일 지역의 Th(14.24 ppm),

U(3.58 ppm), Rb(115.08 ppm), Sr(56.26 ppm), Ba(470.62 ppm), Cs(6.02 ppm), 화강암 지역의 Y(21.35 ppm), Ta(0.84 ppm), Nb(10.71 ppm)에서 나타났다.

천매암 지역에 대한 화강암 지역의 비(천매암/화강암)에서 Y, Ta, Nb, Th, Cs는 1 이상을, Zr, Hf, U, Rb, Sr, Ba는 1 이하를 보였다(Table 2). 세일 지역에 대한 화강암 지역의 비(세일/화강암)에서 Y, Ta, Nb는 1 이상을, Zr, Hf, Th, U, Rb, Sr, Ba, Cs는 1 이하를 보였다(Table 2). 즉 이는 화강암 지역이 천매암 및 세일 지역보다 높은 원소가 많음을, 특히 LFS에서 높았음을 의미한다. 또한 세일 지역이 낮은 원소가 두드러진다.

이는 사장석, 알칼리 장석 및 운모과 같은 LFS를 포함하는 광물이 화강암 지역에서 천매암 및 세일 지역보다 많음을 암시한다(Deer *et al.*, 1966; Mason & Moore, 1992).

들깨 및 참깨(들깨/참깨) 지역 전체 평균값에 대한 상대비에서 천매암과 세일 지역의 Sr, 화강암 지역의 Y, Zr, Hf를 제외한 나머지 전 원소가 1 이상을 보였다(Table 2). 이는 들깨 재배지 토양이 참깨 재배지 토양에 비해 대부분 원소에서 높음을 암시한다.

이는 들깨 재배지의 화강암 지역이 LFS를 포함하는 장석류와 운모류가 많으며, 천매암과 세일 지역은 HFS를 주로 포함하거나 결정 구조에서 교대하는 저어콘, 티타나이트, 흑운모, 각섬석이 풍부함을 암시한다(Deer *et al.*, 1966; Mason

Table 2. Element contents of soils (Abb. T) cultivating the *Sesamum indicum* (Abb. E) from Keumsan (Unit: ppm).

	Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
TEP1	40.41	163.70	4.35	1.36	14.46	19.27	3.92	119.06	172.78	592.31	8.34
TEP2	37.39	154.86	4.31	1.31	14.04	17.98	3.94	113.12	171.07	557.08	7.67
TEP3	37.51	157.67	4.41	1.37	14.53	20.39	4.14	121.29	173.57	607.31	8.62
TEPAv	38.44	158.74	4.36	1.35	14.34	19.21	4.00	117.82	172.47	585.57	8.21
TES1	26.48	251.33	6.73	1.38	15.41	13.80	3.36	105.68	53.14	425.63	5.60
TES2	26.39	295.62	7.64	1.67	18.94	14.88	3.82	124.20	56.11	489.97	6.58
TES3	25.86	280.17	7.21	1.58	18.72	14.05	3.56	115.37	59.55	496.28	5.90
TESAv	26.24	275.71	7.19	1.54	17.69	14.24	3.58	115.08	56.26	470.62	6.02
TEG1	21.40	918.31	24.89	1.09	12.55	15.93	5.52	138.24	390.29	785.45	7.96
TEG2	22.83	458.15	11.40	0.64	8.60	16.08	3.45	121.02	318.40	736.14	6.80
TEG3	19.82	508.77	13.32	0.78	10.98	17.28	3.53	118.59	482.35	750.60	8.26
TEGAv	21.35	628.41	16.54	0.84	10.71	16.43	4.17	125.95	397.02	757.40	7.67
TEAv	28.68	354.29	9.36	1.24	14.25	16.63	3.92	119.62	208.58	604.53	7.30
TEPAv/TEGAv	1.80	0.25	0.26	1.61	1.34	1.17	0.96	0.94	0.43	0.77	1.07
TESAv/TEGAv	1.23	0.44	0.43	1.84	1.65	0.87	0.86	0.91	0.14	0.62	0.79
TEAv/TEAv	1.10	0.91	0.89	1.64	1.56	1.17	1.13	1.25	0.95	1.11	1.45
TFPAv/TEPAv	1.05	1.07	1.06	1.07	1.13	1.17	1.03	1.33	0.83	1.19	1.82
TFSAv/TESAv	1.32	1.10	1.06	1.93	2.24	1.30	1.31	1.25	0.98	1.20	1.34
TFGAv/TEGAv	0.90	0.79	0.77	2.01	1.02	1.06	1.08	1.18	1.00	1.00	1.13

#All abbreviations are in the Table 1.

& Moore, 1992).

일부 금산 인삼 재배지의 비호정성 함량 연구(송 등, 2006)는 화강암 지역이 높은 원소가 많았고, 세일 지역이 낮은 원소가 많았음을 지적하고 있다. 즉 세일 및 천매암 지역에 비해 화강암 지역에서 Rb, Sr, Ba, Zr, Hf가 높고, Y, Nb가 낮았다.

토양의 상관계수

3 토양별 비교에서 들깨 재배지는 화강암 지역이, 참깨 재배지는 세일 지역이 많은 원소에서 정의 상관관계를 보였다. 아래의 결과에 대한 고찰은 5% 수준에서 유의적인 차이가 있는 원소쌍들간의 상관관계를 나타낸 것이다.

각각을 살펴보면 콩 재배지의 경우(Table 3) 천매암 지역에서 정의 상관관계가 Y-Th, Ba, Cs, Zr-Ta, Nb, Ta-Nb, Rb, Th-Cs, U-Rb 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Hf, U, Hf-Th, Ba, Cs, Ta-Sr, U-Sr, Ba, Rb-Sr, Ba 쌍에서 나타났다. 세일 지역의 경우 정의 상관관계가 Y-Hf, Ta, Zr-Nb, U, Ta-Nb, U, Nb-U, Th-Rb, Cs, Rb-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Ba, Zr-Rb, Sr, Cs, Hf-Ba, Ta-Sr, Nb-Sr, U-Sr 쌍에서 나타났다.

화강암 지역의 경우 정의 상관관계가 Y-Zr, Hf, Sr, Cs, Zr-Nb, Th, Sr, Cs, Hf-Cs, Ta-Ba, Nb-Th, U, Sr, Th-Sr, Sr-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Ta, Hf-Ta, Ba, Ta-Sr, Nb-Rb, Th-Rb, U-Rb 쌍에서 나타났다.

3 지역 공히 정의 상관관계가 Zr-Nb, 부의 상관관계가 Ta-Sr 쌍에서 나타났다.

위의 Zr-Nb 쌍의 정의 상관관계와, Ta-Sr 쌍의 부의 상관관계는 토양 중에 있는 이들 원소를 포함하는 광물의 함량으로 설명이 된다.

Zr은 전형적으로 저어콘, 바텔라이트를 구성하고, 가능한 교대광물로 휘석, 각섬석, 운모류, 석류석, 티탄철석, 금홍석이 있다(Deer *et al.*, 1966). 이들을 포함하는 암석으로 페그마타이트, 모나자이트 맥, U 광상을 포함하는 카보네타이트, 화강암과 섬장암질 페그마타이트, 카보네타이트가 있다(Reimann & Caritat, 1998). 연구 지역에서는 저어콘, 각섬석, 운모류, 티탄철석, 금홍석이 발견된다.

Nb는 전형적으로 파이로크로, 콜럼바이트, 탄탈라이트를 구성하고, 가능한 교대광물로 흑운모, 금홍석, 티탄철석, 스펀, 주석석, 저어콘이 있다(Deer *et al.*, 1966). 이들을 포함하는 암석으로 화강암과 섬록암질 페그마타이트, 카보네타

Table 3. Correlation coefficients of the soils cultivating the *Perilla frutescens*.

A)

		Phyllite										
		Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
Shale	Y		.42389	-.99800	-.17685	.30581	.94836	-.82300	-.56934	.39483	.89812	.88539
	Zr	.28643		-.48024	.81648	.99195	.68929	.16562	.50325	-.66477	-.01760	.79633
	Hf	.90040	-.15892		.11433	-.36533	-.96650	.78548	.51628	-.33601	-.86855	-.91298
	Ta	.93666	.60385	.69100		.88300	.14448	.70463	.90983	-.97410	-.59166	.30095
	Nb	.69529	.88777	.31335	.90298		.59202	.28914	.60860	-.75400	-.14404	.71335
	Th	.43382	-.73898	.78260	.09078	-.34594		-.60032	-.27917	.08301	.71224	.98712
	U	.76090	.83963	.40282	.93996	.99541	-.25453		.93556	-.84683	-.98895	-.46462
	Rb	.19948	-.88171	.60592	-.15635	-.56559	.96943	-.48404		-.98010	-.87286	-.12193
	Sr	-.71288	-.87609	-.33679	-.91334	-.99969	.32259	-.99747	.54498		.75863	-.07751
	Ba	-.88143	.20004	-.99913	-.66019	-.27339	-.80793	-.36422	-.63864	.29714		.59075
	Cs	.07902	-.93247	.50485	-.27512	-.66154	.93246	-.58671	.99260	.64276	-.54048	

B)

		Granite										
		Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
Average	Y		.95831	.88509	-.92144	.67427	.75118	.15694	-.48731	.97839	-.57627	96461
	Zr	-.98847		.71520	-.77201	.85717	.90848	.43260	-.71651	.99668	-.31872	.84904
	Hf	-.99383	.99916		-.99638	.25309	.35764	-.32074	-.02490	.76974	-.89042	.97649
	Ta	.11940	.03232	-.00857		-.33439	-.43571	.23909	.10977	-.82120	.84852	-.99128
	Nb	.41751	-.27510	-.31417	.95202		.99397	.83516	-.97344	.81239	.21497	.45567
	Th	.83217	-.90654	-.88853	-.45120	-.15644		.76981	-.94247	.87143	.10659	.55053
	U	-.46060	.58970	.55619	.82626	.61424	-.87550		-.93889	.35776	.71669	-.10903
	Rb	.41179	-.54503	-.51030	-.85559	-.65613	.84800	-.99853		-.65733	-.43284	-.23980
	Sr	-.87247	.78841	.81290	-.58934	-.80830	-.45507	-.03188	.08603		-.39483	.88924
	Ba	-.54716	.41410	.45097	-.89637	-.98903	.00882	-.49093	.53745	.88641		-.77138
	Cs	.65108	-.75851	-.73123	-.67584	-.41786	.96270	-.97359	.95978	-.19715	.27907	

이트, 보크사이트가 있다(Reimann & Caritat, 1998). Zr과 Nb는 유사한 거동을 보인다.

연구 지역에서는 저어콘, 각섬석, 운모류, 금홍석, 티탄철석, 저어콘 등이 발견되므로, 연구 지역 Zr-Nb 쌍의 정의 상관관계는 토양 중 함 Zr 광물이 증가함에 따라, 함 Nb 광물이 증가했음을 암시한다.

Ta-Sr의 유사한 부의 관계는 두 원소가 갖는 상이한 화학적 특성 탓으로 생각된다. Ta는 전형적으로 콜럼바이트, 탄탈라이트, 마이크로라이트를 구성하고, 가능한 교대광물로 흑운모, 저어콘, 금홍석, 티탄철석, 스펀이 있다. 이 원소는 Nb와 같이 거동하며 화강암과 섬장암질 페그마타이트, 카보네타이트, 보크사이트에서 산출된다(Deer *et al.*, 1966).

연구 지역에서는 흑운모, 저어콘, 금홍석, 티탄철석, 스펀이 산출된다.

Sr은 전형적으로 스트론티어나이트, 천청석, 가능한 교대광물로 장석류, 운모류, 석고, 방해석, 돌로마이트, 기타 Ca 광물에서 교대된다(Reimann & Caritat, 1998). 연구 지역에서는 장석류, 운모류, 방해석, 기타 Ca 광물이 있다.

즉 연구 지역 Ta-Sr의 부의 관계는 토양 중 함 Ta 광물이 증가함에 따라, 함 Sr 광물이 감소했음을 암시한다.

3 지역 전체 평균값에서 Y-Th, Zr-Hf, Hf-Sr, Ta-Nb, U, Th-Rb, Cs, Rb-Cs, Sr-Ba 쌍은 정의 상관관계를, Y-Zr, Hf, Sr, Zr-Th, Hf-Th, Ta-Rb, Ba, Nb-Ba, Th-U, U-Rb, Cs 쌍은 부의 상관관계를 보였다.

위에 언급된 Y, Zr, Hf, Th, Ta, Nb 사이의 관계와, 이들 원소와 Rb, Ba, Sr, Cs 사이 관계는 토양 중 이들을 함유하는 광물로 설명이 가능하다.

Y는 전형적인 광물로 모나자이트, 바스트네사이트, 제노타임이 있고, 교대 광물로 흑운모, 장석류, 휘석, 인회석이 있다(Deer *et al.*, 1966). 암석으로 페그마타이트, 모나자이트 맥, 카보네타이트, 인회토가 있다. 이 원소는 일반적으로 희토류와 같이 거동하고, 이들 원소와 유사한 특성을 보이는 원소로 Nb, U 가 있다(Reimann & Caritat, 1998). 연구 지역의 암석에는 흑운모, 장석류, 인회석 등이 발견된다.

Cs는 전형적의 광물로 펄루사이트가 있고, 교대 광물로 운모, K-장석이 있다. 자연에서 K-Cs 규산염에 산출된다(Reimann & Caritat, 1998). 이 원소는 다양한 함량의 K-장

석에 함유되는데, 유사한 특성을 보이는 원소로 Ba, Rb, Sr 이 있다(Deer *et al.*, 1966). 연구 지역의 암석에는 운모류, K-장석 등이 발견된다.

또한 토양 중에 있는 다양한 종류의 점토광물이 이들 함량에 영향을 줄 수 있다. 이 점토 광물로 카오리나이트, 스�멕타이트, 녹리석 등이 있다(Velde, 1995). 이들은 K, Ca를 포함하는 광물로서, 광물 구조에서 이들을 교대하는 원소인 Ba, Rb 함량에 영향을 줄 수 있다.

참깨 재배지의 경우 정의 상관관계가 세일 지역에서 우세하게 나타났다(Table 4). 즉 천매암 지역의 경우 정의 상관관계가 Y-Zr, Hf-Ta, Nb, Th, U, Rb, Sr, Ba, Cs, Ta-Nb, Th, Rb, Sr, Ba, Cs, Nb-Th, Rb, Sr, Ba, Cs, Th-Rb, Sr, Ba, Cs, Rb-Sr, Ba, Cs, Sr-Ba, Cs, Ba-Cs 쌍에서 나타났다. 세

Table 4. Correlation coefficients of the soils cultivating the *Sesamum indicum*.

		Phyllite										
		Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
	Y		.96072	-.07978	.39174	.41345	.07573	-.54030	.28739	.24202	.26052	.26463
	Zr	-.27606		.20000	.63170	.64991	.34948	-.28554	.54192	.50179	.51823	.52187
	Hf	-.13815	.99006		.88589	.87464	.98791	.88189	.93183	.94787	.94161	.94016
	Ta	-.31692	.99908	.98314		.99972	.94710	.56256	.99384	.98753	.99036	.99094
	Nb	-.54369	.95676	.90635	.96833		.93922	.54279	.99094	.98352	.98680	.98748
Shale	Th	.19256	.88999	.94527	.86968	.71888		.79814	.97683	.98581	.98242	.98162
	U	-.03172	.96941	.99429	.95803	.85610	.97468		.65070	.68569	.67165	.66849
	Rb	-.13329	.98936	.99999	.98223	.90426	.94686	.99481		.99889	.99961	.99972
	Sr	-.93073	.60844	.49080	.64183	.81297	.17965	.39505	.48651		.99982	.99973
	Ba	-.65280	.90831	.84045	.92537	.99071	.61765	.77786	.83779	.88462		.99999
	Cs	.11311	.92375	.96843	.90652	.77240	.99677	.98950	.96964	.25810	.67883	

		Granite										
		Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
	Y		-.07165	-.10299	-.27644	-.57506	-.82738	-.00535	.14195	-.99911	-.25755	-.93710
	Zr	-.86575		.99951	.97837	.85721	-.50092	.99780	.97716	.02956	.98223	.41531
	Hf	-.85675	.99984		.98439	.87298	-.47345	.99522	.96999	.06098	.98765	.44372
	Ta	.51374	-.87416	-.88261		.94520	-.31104	.96250	.91206	.23570	.99981	.59452
	Nb	.29996	-.73712	-.74897	.97254		.01631	.82118	.72820	.54008	.93862	.82447
Average	Th	.74072	-.30504	-.28814	-.19585	-.41870		-.55721	-.67340	.85031	-.32961	.57928
	U	-.04155	.53602	.55088	-.87855	-.96559	.64046		.98910	-.03679	.96763	.35408
	Rb	-.53145	.88406	.89219	-.99978	-.96749	.17543	.86844		-.18353	.91992	.21252
	Sr	-.44666	.83448	.84410	-.99707	-.98748	.27023	.91249	.99527		.21661	.92156
	Ba	-.38527	.79540	.80600	-.98965	-.99588	.33457	.93801	.98645	.99772		.57864
	Cs	.46269	.04312	.06079	-.52289	-.70691	.93830	.86653	.50506	.58651	.63982	

일 지역의 경우 정의 상관관계가 Zr-Hf, Ta, Nb, Th, U, Rb, Ba, Cs, Hf-Ta, Nb, Th, U, Rb, Ba, Cs, Ta-Nb, Th, U, Rb, Ba, Cs, Nb-U, Rb, Sr, Ba, Th-U, Rb, Cs, U-Rb, Cs, Rb-Ba, Cs, Sr-Ba 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Sr 쌍에서 나타났다.

화강암 지역의 경우 정의 상관관계가 Zr-Hf, Ta, Nb, U, Rb, Ba, Hf-Ta, Nb, U, Rb, Ba, Ta-Nb, U, Rb, Ba, Nb-U, Ba, Cs, Th-Sr, U-Rb, Ba, Rb-Ba, Sr-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Th, Sr, Cs 쌍에서 나타났다. 3 지역 공히 정의 상관관계가 Hf-Ta, Nb, U, Rb, Ba, Ta-Nb, Rb, Ba, Rb-Ba 쌍에서 나타났다.

위에 언급된 Hf, Zr, Ta, Nb, U 사이 관계와, Rb, Ba 사이의 유사한 상관성은, 토양 중에서 이들을 포함하는 광물의 존재로서 설명이 된다.

즉 Hf는 Zr과 같이 거동하고, 전형적으로 저어콘에 포함되며, 가능한 교대광물로 휘석, 석류석, 흑운모가 있다. 주로 화강암과 섬장암질 페그마타이트에서 산출된다(Reimann & Caritat, 1998). Ta는 Nb와 유사하게 거동한다(Deer *et al.*, 1966). 연구 지역의 토양에는 저어콘, 흑운모가 발견되므로, 이들 광물이 토양의 상관관계에 영향을 주었을 가능성이 있다.

Rb와 Ba는 유사한 거동을 보인다. 즉 Rb는 가능한 교대광물로 K-규산염(K-장석, 흑운모, 리튬운모, 진발다이트, 함 K염, 펄루사이트)이 있고, Cs를 교대한다. 많은 광물에서 K, Ba를 치환한다(Reimann & Caritat, 1998).

Ba는 전형적으로 중정석, 독중석을 구성하며, 가능한 교대광물로 K-장석, 운모류, 인회석, 방해석이 있다. 화강암류, 황화 광체, 카보네타이트에서 산출된다. 토양 중 비유동성을 보이고, Mn 코팅에 풍부하다(Reimann & Caritat, 1998). 연구 지역에는 K-장석, 흑운모, 백운모가 존재하는데 이들 광물이 토양내 Rb, Ba 조성에 영향을 주었을 가능성이 있다.

한편 토양 중에는 다양한 종류의 점토광물이 존재한다. 이 점토 광물로 알칼리장석 및 운모류의 변질로부터 온 카오리나이트, 흑운모의 변질로부터 온 스멕타이트, 운모류의 변질로부터 온 녹리석, 녹리석의 변질에 의한 스멕타이트, 카오리나이트의 변질에 의한 스멕타이트 등이 있다(Velde, 1995). 이들 광물 또한 K, Ca를 포함하는 광물로 토양 중 Ba, Rb 함량에 영향을 줄 수 있다.

연구 지역에서 Hf, Ta와 Rb, Ba의 상관성은 토양 중 주 구성 광물과 점토광물의 영향으로 설명이 가능하다.

3 지역 전체 평균값에서 정의 상관관계가 Zr-Hf, Rb, Sr, Hf-Rb, Sr, Ta-Nb, Th-Cs, U-Rb, Sr, Ba, Cs, Rb-Sr, Ba, Sr-Ba 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Zr, Hf, Zr-Ta, Hf-Ta, Ta-U, Rb, Sr, Ba, Nb-U, Rb, Sr, Ba 쌍에서 나타났다. 이

들 원소들의 상관관계는 이들을 구성되거나, 교대하는 광물의 영향을 반영하고, 이 외에 변질 광물인 점토광물의 함량 차이를 반영한다.

금산 지역 화강암, 세일, 천매암 3 토양에서 재배되는 인삼의 비호정성 원소 함량 특성 연구(송 등, 2006)에서 화강암 지역이 많은 원소에서 정 및 부의 상관관계를 보였다. 또한 지역에 관계없이 3년생 지역이 두드러지게 높은 상관관계를 가졌고, 4년생 토양이 낮은 상관관계를 보였다

식물체의 원소함량

일반적으로 3 토양별 비교에서 들깨와 참깨 모두 세일 지역이 높았고, 화강암 지역이 낮았다. 또한 들깨와 참깨의 비교에서, 참깨가 들깨보다 높은 원소가 많음을 보여주고 있고, 3 비교 토양 중 참깨 재배지의 화강암 지역이 높은 원소가 많았다.

각각을 살펴보면 들깨의 경우(Table 5) 천매암 지역의 Y(15.967 ppm), Ta(0.007 ppm), Ba(945.83 ppm), Cs(4.507 ppm), 세일 지역의 Zr(2.483 ppm), Hf(0.092 ppm), Nb(0.520 ppm), Th(3.011 ppm), U(0.894 ppm), Rb(275.67 ppm), 화강암 지역의 Sr(1866.83 ppm)에서 높았고, 세일 지역의 Sr(235.40 ppm), 화강암 지역의 Y(3.706 ppm), Zr(0.717 ppm), Hf(0.033 ppm), Ta(0.002 ppm), Nb(0.104 ppm), Th(0.354 ppm), U(0.154 ppm), Rb(155.18 ppm), Ba(337.83 ppm), Cs(1.299 ppm)가 낮았다.

참깨의 경우(Table 6), 천매암 지역에서 Y(16.142 ppm), Cs(2.438 ppm), 세일 지역에서 Zr(1.850 ppm), Ta(0.013 ppm), Nb(0.702 ppm), Th(4.095 ppm), U(0.881 ppm), Rb(226.00 ppm), Ba(911.33 ppm), 화강암 지역에서 Sr(1773.50 ppm)이 높았고, 천매암 지역에서 Sr(269.00 ppm), Ba(506.00 ppm), 세일 지역에서 Y(5.230 ppm), Cs(1.564 ppm), 화강암 지역에서 Zr(0.667 ppm), Hf(0.042 ppm), Ta(0.004 ppm), Nb(0.149 ppm), Th(2.644 ppm), U(0.516 ppm), Rb(39.23 ppm)가 낮았다.

토양 차이를 무시한 전 원소의 평균값에서 Y(10.609 ppm), Zr(1.583 ppm), Hf(0.069 ppm), Rb(209.672 ppm), Sr(807.133 ppm), Ba(725.000 ppm), Cs(2.518 ppm)는 들깨가, Ta(0.008 ppm), Nb(0.432 ppm), Th(3.439 ppm), U(0.645 ppm)는 참깨가 높았다(Table 5, 6). 즉 이는 토양 차이를 무시한 전 원소의 평균값에서 들깨가 참깨보다 높은 원소가 많음을 암시한다.

참깨와 들깨에 대한 토양별 비교(참깨/들깨)에서 대체로 1 이상을 보이는 원소가 많았다(Table 6). 즉 천매암 지역의 Y, Zr, Nb, Th, U, Rb, 세일 지역의 Ta, Nb, Th, Sr, Ba, 화

Table 5. Element contents of the *Perilla frutescens* from the Keumsan area (Unit: ppm).

A) Phyllite area

	Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
FPU1	5.210	1.200	0.040	0.001	0.225	0.476	0.153	126.00	313.00	196.00	1.010
FPL1	15.200	1.400	0.080	0.005	0.255	0.900	0.254	144.00	287.00	309.00	1.230
FPAv1	10.205	1.300	0.060	0.003	0.240	0.688	0.204	135.00	300.00	252.50	1.120
U/L	0.343	0.857	0.500	0.200	0.882	0.529	0.602	0.875	1.091	0.634	0.821
FPU2	7.190	0.800	0.040	0.004	0.103	0.476	0.097	169.00	328.00	1690.00	3.020
FPL2	19.000	1.400	0.080	0.014	0.224	2.420	0.365	151.00	248.00	670.00	2.470
FPAv2	13.095	1.100	0.060	0.009	0.164	1.448	0.231	160.00	288.00	1180.00	2.745
U/L	0.378	0.571	0.500	0.286	0.460	0.197	0.266	1.119	1.323	2.522	1.223
FPU3	10.100	1.200	0.060	0.003	0.239	0.802	0.177	334.00	446.00	1410.00	9.810
FPL3	39.100	3.300	0.190	0.014	0.326	8.210	1.130	265.00	293.00	1400.00	9.500
FPAv3	24.600	2.250	0.125	0.009	0.283	4.506	0.654	299.50	369.50	1405.00	9.655
U/L	0.258	0.364	0.316	0.214	0.733	0.098	0.157	1.260	1.522	1.007	1.033
FPAv	15.967	1.550	0.082	0.007	0.229	2.214	0.363	198.17	319.17	945.83	4.507
U/LAv	0.326	0.597	0.439	0.233	0.692	0.274	0.342	1.085	1.312	1.388	1.025

B) Shale area

	Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
FSU1	1.830	1.200	0.030	0.003	0.150	0.167	0.127	382.00	361.00	175.00	0.188
FSL1	35.500	4.800	0.210	0.011	1.250	3.620	1.440	308.00	279.00	371.00	2.770
FSAv1	18.665	3.000	0.120	0.007	0.700	1.894	0.784	345.00	320.00	273.00	1.479
U/L	0.052	0.250	0.143	0.273	0.120	0.046	0.088	1.240	1.294	0.472	0.068
FSU2	1.430	1.400	0.040	0.005	0.225	0.304	0.111	401.00	404.00	202.00	0.474
FSL2	16.600	2.800	0.120	0.007	0.877	6.390	1.570	224.00	179.00	1990.00	3.550
FSAv2	9.015	2.100	0.080	0.006	0.551	3.347	0.841	312.50	291.50	1096.00	2.012
U/L	0.086	0.500	0.333	0.714	0.257	0.048	0.071	1.790	2.257	0.102	0.134
FSU3	2.170	1.500	0.040	0.002	0.329	0.415	0.265	225.00	81.40	390.00	0.382
FSL3	15.400	3.200	0.110	0.007	0.288	7.170	1.850	114.00	108.00	2220.00	3.120
FSAv3	8.785	2.350	0.075	0.005	0.309	3.793	1.058	169.50	94.70	1305.00	1.751
U/L	0.141	0.469	0.364	0.286	1.142	0.058	0.143	1.974	0.754	0.176	0.122
FSAv	12.155	2.483	0.092	0.006	0.520	3.011	0.894	275.67	235.40	891.33	1.747
U/LAv	0.093	0.406	0.280	0.424	0.506	0.051	0.101	1.668	1.435	0.250	0.108

C) Granite area

	Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
FGU1	0.780	0.500	0.010	0.002	0.047	0.271	0.066	187.00	2350.00	650.00	1.430
FGL1	5.470	0.800	0.040	0.002	0.125	0.380	0.186	199.00	1450.00	312.00	2.400
FGAv1	3.125	0.650	0.025	0.002	0.086	0.326	0.126	193.00	1900.00	481.00	1.915
U/L	0.143	0.625	0.250	1.000	0.376	0.713	0.355	0.940	1.621	2.083	0.596
FGU2	0.613	0.600	0.020	0.001	0.044	0.100	0.059	198.00	2970.00	425.00	1.220
FGL2	4.890	0.900	0.040	0.002	0.139	0.436	0.195	250.00	1990.00	311.00	1.760
FGAv2	2.752	0.750	0.030	0.002	0.092	0.268	0.127	224.00	2480.00	368.00	1.490
U/L	0.125	0.667	0.500	0.500	0.317	0.229	0.303	0.792	1.492	1.367	0.693
FGU3	1.080	0.700	0.030	0.001	0.109	0.246	0.123	47.40	1570.00	191.00	0.432
FGL3	9.400	0.800	0.060	0.003	0.161	0.692	0.293	49.70	871.00	138.00	0.553
FGAv3	5.240	0.750	0.045	0.002	0.135	0.469	0.208	48.55	1220.50	164.50	0.493
U/L	0.115	0.875	0.500	0.333	0.677	0.355	0.420	0.954	1.803	1.384	0.781
U/LAv	0.128	0.722	0.417	0.611	0.457	0.433	0.359	0.895	1.639	1.611	0.690
FGAv	3.706	0.717	0.033	0.002	0.104	0.354	0.154	155.18	1866.83	337.83	1.299
FAv	10.609	1.583	0.069	0.005	0.284	1.860	0.470	209.672	807.133	725.000	2.518

#Abbreviations: U for upper part and L for lower part. The other abbreviations are in the Table 1.

Table 6. Element contents of the *Sesamum indicum* from the Keumsan area (Unit: ppm).

A) Phyllite area

	Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
EPU1	1.420	0.900	0.030	0.003	0.137	0.447	0.072	225.00	384.00	306.00	1.160
EPL1	16.300	1.700	0.080	0.004	0.301	1.510	0.274	195.00	220.00	824.00	1.370
EPAv1	8.860	1.300	0.055	0.004	0.219	0.979	0.173	210.00	302.00	565.00	1.265
U/L	0.087	0.529	0.375	0.750	0.455	0.296	0.263	1.154	1.745	0.371	0.847
EPU2	5.640	2.000	0.080	0.005	0.400	3.660	0.388	226.00	289.00	439.00	2.630
EPL2	41.300	1.800	0.120	0.013	0.946	11.300	1.660	150.00	166.00	410.00	5.730
EPAv2	23.470	1.900	0.100	0.009	0.673	7.480	1.024	188.00	227.50	424.50	4.180
U/L	0.137	1.111	0.667	0.385	0.423	0.324	0.234	1.507	1.741	1.071	0.459
EPU3	1.290	1.200	0.040	0.002	0.101	0.217	0.056	312.00	317.00	416.00	1.050
EPL3	30.900	2.200	0.120	0.013	0.782	4.340	0.772	201.00	238.00	641.00	2.690
EPAv3	16.095	1.700	0.080	0.008	0.442	2.279	0.414	256.50	277.50	528.50	1.870
U/L	0.042	0.545	0.333	0.154	0.129	0.050	0.073	1.552	1.332	0.649	0.390
EPAv	16.142	1.633	0.078	0.007	0.445	3.579	0.537	218.17	269.00	506.00	2.438
U/LAv	0.088	0.729	0.458	0.429	0.336	0.223	0.190	1.404	1.606	0.697	0.565

B) Shale area

	Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
ESU1	2.480	1.500	0.050	0.002	0.717	0.650	0.244	213.00	437.00	330.00	0.567
ESL1	6.780	1.700	0.060	0.019	1.000	2.340	0.689	224.00	314.00	1150.00	1.220
ESAv1	4.630	1.600	0.055	0.011	0.859	1.495	0.467	218.50	375.50	740.00	0.894
U/L	0.366	0.882	0.833	0.105	0.717	0.278	0.354	0.951	1.392	0.287	0.465
ESU2	1.530	0.700	0.020	0.009	0.359	0.419	0.371	243.00	539.00	1100.00	0.419
ESL2	7.180	1.800	0.070	0.016	0.706	11.100	1.430	178.00	242.00	980.00	2.270
ESAv2	4.355	1.250	0.045	0.013	0.533	5.760	0.901	210.50	390.50	1040.00	1.345
U/L	0.213	0.389	0.286	0.563	0.508	0.038	0.259	1.365	2.227	1.122	0.185
ESU3	1.310	1.000	0.030	0.007	0.430	0.561	0.236	297.00	402.00	1110.00	0.438
ESL3	12.100	4.400	0.150	0.022	1.000	9.500	2.317	201.00	141.00	798.00	4.470
ESAv3	6.705	2.700	0.090	0.015	0.715	5.031	1.277	249.00	271.50	954.00	2.454
U/L	0.108	0.227	0.200	0.318	0.430	0.059	0.102	1.478	2.851	1.391	0.098
ESAv	5.230	1.850	0.063	0.013	0.702	4.095	0.881	226.00	345.83	911.33	1.564
U/LAv	0.229	0.500	0.440	0.329	0.552	0.125	0.238	1.265	2.157	0.933	0.249

C) Granite area

	Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
EGU1	3.270	0.500	0.020	0.001	0.085	0.305	0.166	14.40	1080.00	286.00	0.272
EGL1	17.400	0.700	0.080	0.005	0.181	2.370	0.839	28.60	916.00	416.00	2.130
EGAv1	10.335	0.600	0.050	0.003	0.133	1.338	0.503	21.50	998.00	351.00	1.201
U/L	0.188	0.714	0.250	0.200	0.470	0.129	0.198	0.503	1.179	0.688	0.128
EGU2	2.500	0.500	0.020	0.001	0.074	0.306	0.146	61.10	2480.00	832.00	0.797
EGL2	6.750	0.800	0.060	0.007	0.214	7.190	0.690	46.50	745.00	445.00	3.240
EGAv2	4.625	0.650	0.040	0.004	0.144	3.748	0.418	53.80	1612.50	638.50	2.019
U/L	0.370	0.625	0.333	0.143	0.346	0.043	0.212	1.314	3.329	1.870	0.246
EGU3	1.440	0.700	0.030	0.005	0.167	0.550	0.182	32.80	3880.00	804.00	0.816
EGL3	7.370	0.800	0.040	0.003	0.175	5.140	1.070	52.00	1540.00	637.00	4.390
EGAv3	4.405	0.750	0.035	0.004	0.171	2.845	0.626	42.40	2710.00	720.50	2.603
U/L	0.195	0.875	0.750	1.667	0.954	0.107	0.170	0.631	2.519	1.262	0.186
U/LAv	0.251	0.738	0.444	0.670	0.590	0.093	0.193	0.816	2.342	1.273	0.187
EGAv	6.455	0.667	0.042	0.004	0.149	2.644	0.516	39.23	1773.50	570.00	1.941
EAv	9.276	1.383	0.061	0.008	0.432	3.439	0.645	161.133	796.111	662.444	1.981
EAv/FAv	0.874	0.874	0.887	1.575	1.520	1.849	1.371	0.769	0.986	0.914	0.787
EPAv/FPAv	1.011	1.054	0.959	0.976	1.944	1.617	1.481	1.101	0.843	0.535	0.541
ESAv/FSAv	0.430	0.745	0.691	2.143	1.350	1.360	0.986	0.820	1.469	1.022	0.895
EGAv/FGAv	1.742	0.930	1.250	2.000	1.434	7.464	3.355	0.253	0.950	1.687	1.494

#Abbreviations: U for upper part and L for lower part. The other abbreviations are in the Table 1 and 2.

강암 지역의 Y, Hf, Ta, Nb, Th, U, Ba, Cs가 1 이상을 보였다. 이는 각 토양별로 보았을 때 참깨가 들깨보다 높은 원소가 많음을 암시하며, 특히 화강암 지역이 높은 원소가 많음을 암시한다.

기존의 연구도 들깨내의 무기성분을 언급하고 있다. 이 등(2002)은 들깨의 종실에 인, 마그네슘, 칼슘, 철, 망간, 구리의 존재를 언급했고, 이들의 함량을 땅콩, 아마, 홍화, 해바라기와 비교해 보았다. 일부 참깨의 연구(류 등, 2002)는 지질, 단백질, 당질 외에, 칼슘, 인, 아연 철 등의 무기물이 존재함을 언급하고 있다.

또한 금산 지역 화강암, 세일, 천매암 3 토양에서 재배되는 인삼의 비호정성 원소 함량(송 등, 2006) 연구에서는 평균 함량이 높은 원소가 세일 지역의 Rb, Nb, 화강암 지역의 Sr, Ba, Y에서, 낮은 원소 함량이 세일 지역의 Sr, Y, 천매암 지역의 Rb, Ba에서 나타났다. 또한 화강암 지역 인삼이 연생에 관계없이 세일 및 천매암 지역에 비해 높은 함량을 보였다.

상, 하부 함량에 대한, 3 토양 별 비교에서 참깨와 들깨 모두, HFS는 하부가, LFS는 상부에서 높은 원소가 많았다 (Table 5, 6).

각각을 살펴보면 들깨의 경우(Table 5) 상, 하부 비(상부/하부)에서 천매암 지역은 Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U에서 1 이하를, Rb, Sr, Ba, Cs는 1 이상을 보였고, 세일 지역은 Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U, Ba, Cs에서 1 이하를, Rb, Sr는 1 이상을 보였다. 또한 화강암 지역은 Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U, Rb, Cs에서 1 이하를, Sr, Ba는 1 이상을 보였다. 즉 이 결과는 상, 하부의 함량 비교에서 들깨 지역은 거의 대부분 원소가 하부가 높음을 암시하고, 공히 모든 HFS는 하부가, LFS 중 Sr은 상부가 높음을 암시한다.

참깨의 경우(Table 6) 상, 하부 비(상부/하부)에서 천매암 지역은 Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U, Ba, Cs에서 1 이하를, Rb, Sr은 1 이상을 보였고, 세일 지역은 Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U, Ba, Cs에서 1 이하를, Rb, Sr은 1 이상을 보였다. 또한 화강암 지역의 경우 Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U, Rb, Cs에서 1 이하를, Sr, Ba는 1 이상을 보였다. 즉 상, 하부의 함량 비교에서 참깨 지역은 거의 대부분 원소가 하부가 높음을 암시하고, 공히 모든 HFS와 LFS 중 Cs는 하부가, LFS 중 Sr은 상부가 높음을 암시한다.

토양 차이를 무시한 각 식물체 내, 상, 하부의 절대 함량 비교(상부/하부 평균, Table 7)에서 들깨 및 참깨, 공히, Rb, Sr을 제외한 전 원소, Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U, Ba, Cs가 1 이하를 보였다. 즉 이는 지역 및 식물의 종에 관계없이 대부분 비호정 원소가 하부에서 높음을, 공히 Rb, Sr은 상부

가 높음을 암시한다.

토양 차이를 무시한 상, 하부 각각의 절대 함량에 대한 종(들깨/참깨) 간의 비교(Table 7)시 상부는 Y, Zr, Rb, Cs가 1 이상을, Hf, Ta, Nb, Th, U, Sr, Ba는 1 이하를 보였고, 하부는 Y, Zr, Hf, Rb, Sr, Ba에서 1 이상을, Ta, Nb, Th, U, Cs는 1 이하를 보였다. 즉 이는 상, 하부 공히 Y, Zr, Rb는 들깨가, Ta, Nb, Th, U에서는 참깨가 높음을 암시한다.

각각을 살펴보면 식물체의 종별, 부분별 함량 차이가 나타났다(Table 7).

들깨 상부 평균값의 3 토양별 비교에서 천매암 지역은 높은 원소가, 화강암 지역은 낮은 원소가 많았다. 상부의 평균값은 높은 원소 함량이 천매암 지역의 Y(7.500 ppm), Hf(0.047 ppm), Th(0.585 ppm), Ba(1098.667 ppm), Cs(4.613 ppm), 세일 지역의 Zr(1.367 ppm), Ta(0.003 ppm), Nb(0.235 ppm), Rb(336.000 ppm), 화강암 지역의 Sr(2296.667 ppm)에서, 낮은 값이 세일 지역의 Sr(282.133 ppm), Ba(255.667 ppm), Cs(0.348 ppm), 화강암 지역의 Y(0.824 ppm), Zr(0.600 ppm), Hf(0.020 ppm), Ta(0.001 ppm), Nb(0.067 ppm), Th(0.206 ppm), U(0.083 ppm), Rb(144.133 ppm)에서 나타났다.

들깨 하부 평균값에 대한 3 토양별 비교에서 세일 지역은 높은 원소가, 화강암 지역은 낮은 원소가 많았다. 하부의 평균값은 높은 원소 함량이 천매암 지역의 Y(24.333 ppm), Ta(0.011 ppm), Cs(4.400 ppm), 세일의 Zr(3.600 ppm), Hf(0.147 ppm), Nb(0.805 ppm), Th(5.727 ppm), U(1.620 ppm), Rb(215.333 ppm), Ba(1527.000 ppm), 화강암 지역의 Sr(1437.000 ppm), 낮은 값이 세일 지역의 Sr(188.667 ppm), 화강암 지역의 Y(6.587 ppm), Zr(0.833 ppm), Hf(0.047 ppm), Ta(0.002 ppm), Nb(0.142 ppm), Th(0.503 ppm), U(0.225 ppm), Rb(166.233 ppm), Ba(253.667 ppm), Cs(1.571 ppm)에서 나타났다.

참깨 상부 평균값에 대한 3 토양별 비교에서 천매암 지역은 높은 원소가, 화강암 지역은 낮은 원소가 많았다. 상부 평균값은 높은 원소 함량이 천매암 지역의 Y(2.783 ppm), Zr(1.367 ppm), Hf(0.050 ppm), Th(1.441 ppm), Rb(254.333 ppm), Cs(1.613 ppm), 세일 지역의 Ta(0.006 ppm), Nb(0.502 ppm), U(0.284 ppm), Ba(846.667 ppm), 화강암 지역의 Sr(2480.000 ppm), 낮은 값이 천매암 지역의 Sr(330.000 ppm), Ba(387.000 ppm), 세일 지역의 Y(1.773 ppm), Cs(0.475 ppm), 화강암 지역의 Zr(0.567 ppm), Hf(0.023 ppm), Ta(0.002 ppm), Nb(0.109 ppm), Th(0.387 ppm), U(0.165 ppm), Rb(36.100 ppm)에서 나타났다.

참깨 하부 평균값의 3 토양별 비교에서 세일 지역은 높은 원소가, 화강암 지역은 낮은 원소가 많았다. 하부 평균값은

Table 7. Average element contents of the each parts of the *Perilla frutescens* and *Sesamum indicum* (Unit:ppm).

	Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
FPUAv	7.500	1.067	0.047	0.003	0.189	0.585	0.142	209.667	362.333	1098.667	4.613
FSUAv	1.810	1.367	0.037	0.003	0.235	0.295	0.168	336.000	282.133	255.667	0.348
FGUAv	0.824	0.600	0.020	0.001	0.067	0.206	0.083	144.133	2296.667	422.000	1.027
Av(A)	3.378	1.011	0.034	0.002	0.163	0.362	0.131	229.933	980.378	592.111	1.996
FPLAv	24.433	2.033	0.117	0.011	0.268	3.843	0.583	186.667	276.000	793.000	4.400
FSLAv	22.500	3.600	0.147	0.008	0.805	5.727	1.620	215.333	188.667	1527.000	3.147
FGLAv	6.587	0.833	0.047	0.002	0.142	0.503	0.225	166.233	1437.000	253.667	1.571
Av(B)	17.840	2.156	0.103	0.007	0.405	3.358	0.809	189.411	633.889	857.889	3.039
A/B	0.189	0.469	0.333	0.338	0.404	0.108	0.162	1.214	1.547	0.690	0.657
EPUAv	2.783	1.367	0.050	0.003	0.213	1.441	0.172	254.333	330.000	387.000	1.613
ESUAv	1.773	1.067	0.033	0.006	0.502	0.543	0.284	251.000	459.333	846.667	0.475
EGUAv	2.403	0.567	0.023	0.002	0.109	0.387	0.165	36.100	2480.000	640.667	0.628
Av(a)	2.320	1.000	0.036	0.004	0.274	0.791	0.207	180.478	1089.778	624.778	0.905
EPLAv	29.500	1.900	0.107	0.010	0.676	5.717	0.902	182.000	208.000	625.000	3.263
ESLAv	8.687	2.633	0.093	0.019	0.902	7.647	1.479	201.000	232.333	976.000	2.653
EGLAv	10.507	0.767	0.060	0.005	0.190	4.900	0.866	42.367	1067.000	499.333	3.253
Av(b)	16.231	1.767	0.087	0.011	0.589	6.088	1.082	141.789	502.444	700.111	3.057
a/b	0.143	0.566	0.410	0.343	0.466	0.130	0.191	1.273	2.169	0.892	0.296
A/a	1.456	1.011	0.969	0.629	0.596	0.458	0.633	1.274	0.900	0.948	2.205
B/b	1.099	1.220	1.192	0.637	0.687	0.552	0.748	1.336	1.262	1.225	0.994

#All abbreviations are in the Table 5 and 6.

높은 원소 함량이 천매암 지역의 Y(29.500 ppm), Hf(0.107 ppm), Cs(3.263 ppm), 세일 지역의 Zr(2.633 ppm), Ta(0.019 ppm), Nb(0.902 ppm), Th(7.647 ppm), U(1.479 ppm), Rb(201.000 ppm), Ba(976.000 ppm), 화강암 지역의 Sr(1067.000 ppm), 낮은 값이 천매암 지역의 Sr(208.000 ppm), 세일 지역의 Y(8.687 ppm), Cs(2.653 ppm), 화강암 지역의 Zr(0.767 ppm), Hf(0.060 ppm), Ta(0.005 ppm), Nb(0.190 ppm), Th(4.900 ppm), U(0.866 ppm), Rb(42.367 ppm), Ba(499.333 ppm)에서 나타났다.

하지만, 이런 차이에도 불구하고 참깨 및 들깨에 관계없이 상, 하부 공히 같은 토양에서 Y, Nb, U, Sr, Cs가 높은 함량이 나타났다.

기존에 토양 중 식물체내 흡수되는 원소 함량에 대해서는 많은 연구가 진행되어 왔다,

흡수량의 관계에서는 많은 연구들이 중금속에 대해 언급하고 있다. 기 연구들은 양액을 이용한 실험을 통하여 *Alyssum troodii*가 Pb 함량에서 뿌리에서 높은 축적량을 보였으며 (Homer *et al.*, 1991) *B. juncea*가 Co 함량에서 뿌리에 비해 잎에서 높은 축적량을 보임을 지적했다(Nanda *et al.*, 1995).

식물체의 토양에서 흡수되는 원소 함량은 뿌리표면의 유용한 유효형에 비례하거나(Alina & Henryk, 1995), 뿌리에 흡착되는 원소기작은 치환성 양이온, 킬레이트화 되는 물질 및 그 외 운반자에 의한 세포내로의 이동, 뿌리나 줄기 등에 의하여 영향(Taylor and McLennan, 1981)을 받을 수 있다. 또한 뿌리 주위의 토양수분 pH 변화는 뿌리가 흡수할 수 있는 유용한 원소들의 비율에 영향을 줄 수도 있다(Homer *et al.*, 1991; Chaney *et al.*, 1997).

식물체내에 흡수된 원소는 세포막을 통과하여 원형질에 부유하면서 각각의 기관에 축적되고(Homer *et al.*, 1991; Nanda *et al.*, 1995) 축적되는 원소함량은, 원소들의 특징에 좌우되어(Alina & Henryk, 1985) 식물의 종에 따라 기관별로 중금속이 선택적으로 축적되고 있음을 암시한다.

따라서 연구 지역 식물체들의 원소 흡수 정도는 식물체들의 선택적 흡수 정도의 차이, 뿌리 주변의 물리화학적 변화, 식물체 부분별 축적되는 비율의 차이 등으로 설명이 될 수 있을 듯하다.

기존의 금산 지역의 화강암 및 함탄질 세일 토양내 식물체의 중금속 함량 특성 연구(송 등, 2005)는 화강암 및 함탄

질 세일의 토양 차이에 관계없이 Zn을 제외한 대부분 중금속 원소가 식물체의 하부에서 높음을 언급하고 있다.

식물체의 상관관계

전체적으로 들깨 및 참깨에 관계없이 천매암 지역은 정의 관계가 우세하였다(Table 8, 9, 10, 11, 12, 13). 아래의 결과에 대한 고찰은 5 % 수준에서 유의적인 차이가 있는 원소 쌍들간의 상관관계를 나타낸 것이다.

각각을 살펴보면 들깨는 상관관계가 하부에서 우세하였고, 평균값에서 천매암 지역이 우세하였다. 즉 천매암 지역(Table 8)의 경우 상부에서 정의 상관관계가 Y-Hf, Th, Rb, Sr, Cs, Zr-Nb, U, Hf-Th, Rb, Sr, Cs, Nb-U, Th-Rb, Sr, Cs, Rb-Sr, Cs, Sr-Cs 쌍에서, 하부에서 정의 상관관계가 Y-Zr, Hf, Nb, Th, U, Rb, Ba, Cs, Zr-Hf, Nb, Th, U, Rb, Ba, Cs, Hf-Nb, Th, U, Rb, Ba, Cs, Nb-Th, U, Rb, Sr, Cs, Th-U,

Rb, Ba, Cs, U-Rb, Ba, Cs, Rb-Ba, Cs, Ba-Cs 쌍에서 나타났다.

평균값에서는 Y-Hf, Ba, Hf-Nb, Ba, Nb-Th, U, Rb, Ba, Cs, Th-Ba, U-Ba, Rb-Ba, Sr-Ba, Ba-Cs 쌍을 제외한 그 외 대부분 원소 쌍에서 정의 상관관계를 보였다. 상, 하부 각각 및 평균값 공히, 정의 상관관계가 Y-Hf, Th, Rb, Cs, Zr-Nb, U, Hf-Th, Rb, Th-Rb, Cs, Rb-Cs 쌍에서 나타났다.

세일 지역(Table 9)의 경우 상부에서 정의 상관관계가 Y-U, Zr-Hf, Nb, Th, Ba, Hf-Nb, Th, Cs, Nb-Th, U, Ba, Th-Ba, U-Ba, Rb-Sr 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Rb, Sr, Nb-Rb, Sr, U-Rb, Sr, Rb-Ba, Sr-Ba 쌍에서 나타났다. 하부에서 정의 상관관계가 Y-Zr, Hf, Nb, Rb, Sr, Zr-Hf, Sr, Hf-Nb, Rb, Sr, Nb-Rb, Sr, Th-U, Ba, U-Ba, Rb-Sr 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Th, Ba, Zr-Th, Ba, Cs, Hf-Th, Ba, Nb-Th, Ba, Th-Rb, Sr, U-Rb Sr, Rb-Ba, Sr-Ba 쌍에서 나

Table 8. Correlation coefficients of the *Perilla frutescens* from the phyllite area.

		Upper									
		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
Lower	Y		.10915	.91542	.17256	.91542	.47029	.97651	.95200	.68937	.98114
	Zr	.98900		.50000	.99795	.50000	.92857	.32075	.40818	-.64484	.29924
	Hf	.98900	.99999		.55442	.99999	.78571	.98064	.99469	.33950	.97596
	Nb	.86985	.93326	.93326		.55442	.95043	.38072	.46578	-.59458	.35971
	Th	.99876	.98040	.98040	.84419		.78571	.98064	.99469	.33950	.97596
	U	.99975	.99206	.99206	.88069	.99739		.64938	.71785	-.31510	.63201
	Rb	.99531	.99867	.99867	.91351	.98925	.99722		.99559	.51711	.99974
	Sr	.47785	.60255	.60255	.84901	.43349	.49742	.56063		.43454	.99321
	Ba	.98344	.94580	.94580	.76602	.99124	.97912	.96127	.31071		.53634
	Cs	.99996	.99029	.99029	.87426	.99827	.99991	.99614	.48576	.98176	
B)											
		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	
Average	Zr	.93783									
	Hf	.98182	.98667								
	Nb	.61791	.85240	.75593							
	Th	.99999	.93850	.98218	.61944						
	U	.99139	.97521	.99822	.71555	.99164					
	Rb	.99878	.95386	.99001	.65606	.99887	.99665				
	Sr	.94676	.99964	.99066	.83814	.94738	.98077	.96153			
	Ba	.78320	.51870	.65093	-.00491	.78199	.69503	.75148	.54134		
	Cs	.99995	.94134	.98371	.62594	.99997	.99268	.99923	.95001	.77679	

Table 9. Correlation coefficients of the *Perilla frutescens* from the shale area.

A)

		Upper									
		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
Lower	Y		.28278	-.04676	.51489	.43832	.89808	-.89072	-.90161	.77385	-.35885
	Zr	.97053		.94491	.96787	.98608	.67585	-.68788	-.66986	.82635	.79382
	Hf	.99929	.96077		.83224	.87734	.39736	-.41241	-.38992	.59649	.94916
	Nb	.82426	.66353	.84500		.99620	.83947	-.84829	-.83504	.94141	.61539
	Th	-.98765	-.92078	-.99285	-.90281		.78898	-.79898	-.78398	.90848	.68166
	U	-.77850	-.60432	-.80158	-.99707	.86724		-.99986	-.99997	.97356	.08827
	Rb	.85379	.70317	.87279	.99852	-.92482	-.99144		.99970	-.97718	-.10465
	Sr	.93133	.81613	.94438	.97386	-.97689	-.95362	.98476		-.97167	-.08021
	Ba	-.99813	-.95400	-.99972	-.85731	.99537	.81539	-.88400	-.95184		.31350
	Cs	-.80448	-.92391	-.78155	-.32679	.70147	.25349	-.37762	-.53293	.76670	

B)

		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba
Average	Zr	.95744								
	Hf	.99979	.96312							
	Nb	.80468	.59906	.79241						
	Th	-.97954	-.87975	-.97523	-.90771					
	U	-.68085	-.44046	-.66577	-.98271	.81433				
	Rb	.65858	.41334	.64309	.97672	-.79655	-.99955			
	Sr	.61344	.35938	.59721	.96250	-.75984	-.99609	.99829		
	Ba	-.98519	-.89376	-.98149	-.89457	.99954	.79636	-.77786	-.73978	
	Cs	-.86124	-.97127	-.87142	-.39129	.74133	.21415	-.18476	-.12697	.76133

타났다.

평균값에서 정의 상관관계가 Y-Zr, Hf, Zr-Hf, Nb-Rb, Sr, Th-U, Ba, Rb-Sr 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Th, Ba, Cs, Zr-Th, Ba, Cs, Hf-Th, Ba, Cs, Nb-Th, U, Ba, U-Rb, Sr 쌍에서 나타났다. 상, 하부 각각 및 평균값 공히, 정의 상관관계가 Zr-Hf, Th-Ba, Rb-Sr 쌍에서, 부의 상관관계가 U-Rb, Sr 쌍에서 나타났다.

화강암 지역(Table 10)의 경우 상부에서 정의 상관관계가 Y-Nb, U, Zr-Hf, Nb-U, Rb-Sr, Ba, Cs, Ba-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Rb, Sr, Cs, Zr-Rb, Ba, Cs, Hf-Rb, Ba, Cs, Nb-Rb, Sr, Cs, U-Rb, Sr, Cs 쌍에서 나타났다. 하부에서 정의 상관관계가 Y-Hf, Nb, Th, U, Zr-Sr, Hf-Nb, Th, U, Nb-Th, U, Th-U, Rb-Sr, Ba, Cs, Sr-Ba, Ba-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Rb, Sr, Ba, Cs, Hf-Rb, Sr, Ba, Cs, Nb-Rb, Ba, Cs, Th-Rb, Ba, Cs, U-Rb, Sr, Ba, Cs 쌍에서 나타났다.

평균값에서 정의 상관관계가 Y-Hf, Nb, Th, U, Hf-Nb, Th, U, Nb-Th, U, Th-U, Rb-Sr, Ba, Cs, Ba-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Rb, Sr, Ba, Cs, Hf-Rb, Sr, Ba, Cs, Nb-Rb, Sr, Ba, Cs, Th-Rb, Sr, Cs, U-Rb, Sr, Ba, Cs 쌍에서 나타났다. 상, 하부 각각 및 평균값 공히, 정의 상관관계가 Y-Nb, U, Nb-U, Rb-Sr, Ba, Ba-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Rb, Sr, Cs, Hf-Rb, Ba, Cs, Nb-Rb, Cs, U-Rb, Sr, Cs 쌍에서 나타났다.

참깨의 경우 천매암 지역(Table 11) 상부에서 정의 상관관계가 Y-Zr, Hf, Nb, Th, U, Cs, Zr-Hf, Nb, Th, U, Ba, Cs, Hf-Nb, Th, U, Cs, Nb-Th, U, Cs, Th-U, Cs, U-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Zr-Sr, Hf-Sr, Sr-Ba 쌍에서 나타났다. 하부에서 정의 상관관계가 Y-Hf, Nb, Th, U, Cs, Hf-Nb, Nb-Th, U, Cs, Th-U, Cs, U-Cs, Rb-Sr, Ba 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Ba, Hf-Ba, Nb-Ba, Th-Rb, Sr, Ba, U-Rb, Sr, Ba, Rb-Cs, Sr-Cs, Ba-Cs 쌍에서 나타났다.

Table 10. Correlation coefficients of the *Perilla frutescens* from the granite area.

A)

		Upper									
		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
Lower	Y		.63031	.63031	.97303	.70400	.97823	-.95543	-.99573	-.63906	-.84421
	Zr	-.59885		.99999	.79241	-.10762	.77771	-.83141	-.55593	-.99994	-.94825
	Hf	.99299	-.50000		.79241	-.10762	.77771	-.83141	-.55593	-.99994	-.94825
	Nb	.89960	-.18898	.94491		.52117	.99972	-.99776	-.94757	-.79926	-.94509
	Th	.95476	-.33359	.98321	.98877		.54127	-.46295	-.76657	.09636	-.21363
	U	.97816	-.41931	.99587	.97073	.99572		-.99590	-.95488	-.78478	-.93707
	Rb	-.99169	.69692	-.96953	-.83593	-.90856	-.94329		.92409	.83765	.96482
	Sr	-.92679	.85579	-.87591	-.66973	-.77317	-.82849	.96741		.56531	.79110
	Ba	-.99239	.49567	-.99999	-.94653	-.98411	-.99631	.96829	.87349		.95178
	Cs	-.89336	.17514	-.94021	-.99990	-.98657	-.96725	.82812	.65921	.94190	

B)

		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba
Average	Zr	.37230								
	Hf	.98992	.50000							
	Nb	.98992	.50000	.99999						
	Th	.98809	.22502	.95632	.95632					
	U	.98992	.50000	.99999	.99999	.95632				
	Rb	-.99971	-.34975	-.98620	-.98620	-.99152	-.98620			
	Sr	-.94411	-.04556	-.88791	-.88791	-.98360	-.88791	.95181		
	Ba	-.87657	-.77302	-.93590	-.93590	-.79206	-.93590	.86468	.66895	
	Cs	-.90496	-.73183	-.95610	-.95610	-.82869	-.95610	.89440	.71412	.99804

Table 11. Correlation coefficients of the *Sesamum indicum* from the phyllite area.

A)

		Upper									
		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
Lower	Y		.95732	.97668	.99532	.99944	.99999	-.51401	-.70909	.61298	.99935
	Zr	.28290		.99705	.92489	.94708	.95721	-.24414	-.88263	.81518	.94626
	Hf	.91025	.65465		.95135	.96892	.97660	-.31785	-.84395	.76832	.96829
	Nb	.98524	.44289	.96769		.99800	.99535	-.59453	-.63760	.53373	.99816
	Th	.94421	-.04876	.72311	.87391		.99945	-.54251	-.68503	.58612	.99999
	U	.96708	.02953	.77493	.90926	.99694		-.51433	-.70883	.61268	.99936
	Rb	-.74642	.42712	-.40389	-.62151	-.92395	-.89119		-.24036	.36266	-.54465
	Sr	-.65027	.54470	-.27735	-.51065	-.86419	-.82218	.99094		-.99177	-.68317
	Ba	-.98666	-.12297	-.83070	-.94424	-.98523	-.99561	.84481	.76528		.58405
	Cs	.94904	-.03381	.73336	.88109	.99989	.99799	-.91812	-.85656	-.98768	

B)

		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba
Average	Zr	.98100								
	Hf	.99999	.98198							
	Nb	.99997	.97948	.99992						
	Th	.94658	.86603	.94491	.94903					
	U	.97108	.90630	.96984	.97289	.99620				
	Rb	-.31940	-.12947	-.31453	-.32668	-.60792	-.53641			
	Sr	-.98201	-.92671	-.98103	-.98343	-.99044	-.99869	.49259		
	Ba	-.96498	-.89574	-.96362	-.96697	-.99802	-.99970	.55681	.99715	
	Cs	.94862	.86920	.94698	.95103	.99998	.99673	-.60283	-.99130	-.99840

Table 12. Correlation coefficients of the *Sesamum indicum* from the shale area.

A)

		Upper									
		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
Lower	Y		.84827	.87210	.93510	.67760	-.33891	-.87311	-.09719	-.98614	.95506
	Zr	.99939		.99891	.98088	.96425	-.78571	-.48246	-.60951	-.92437	.96712
	Hf	.99942	.99763		.98891	.95080	-.75593	-.52289	-.57177	-.94119	.97795
	Nb	.44040	.47145	.40964		.89425	-.65032	-.64368	-.44359	-.98093	.99812
	Th	.40667	.37456	.43747	-.64111		-.92155	-.23309	-.79781	-.79022	.86514
	U	.91990	.90567	.93269	.05306	.73235		-.16276	.96930	.49029	-.60255
	Rb	-.06750	-.03266	-.10136	.86603	-.93894	-.45335		-.40035	.78014	-.68937
	Sr	-.93605	-.92321	-.94746	-.09633	-.70212	-.99906	.41425		.26096	-.38784
	Ba	-.90629	-.89100	-.92013	-.01968	-.75468	-.99944	.48286	.99705		-.99100
	Cs	.96778	.95841	.97578	.20016	.62359	.98900	-.31654	-.99449	-.98351	

B)

		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba
Average	Zr	.99179								
	Hf	.99058	.99996							
	Nb	.19125	.31519	.32387						
	Th	.25468	.12893	.11984	-.90047					
	U	.78729	.70198	.69542	-.45464	.79676				
	Rb	.99568	.99938	.99902	.28158	.16377	.72662			
	Sr	-.99994	-.99311	-.99200	-.20184	-.24421	-.78058	-.99662		
	Ba	.13593	.00813	-.00104	-.94644	.99267	.71788	.04333	-.12522	
	Cs	.92521	.86910	.86453	-.19550	.60257	.96237	.88597	-.92106	.50169

평균값의 정의 상관관계가 Y-Zr, Hf, Nb, Th, U, Cs, Zr-Hf, Nb, Th, U, Cs, Hf-Nb, Th, U, Cs, Nb-Th, U, Cs, Th-U, Cs, U-Cs, Sr-Ba 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Sr, Ba, Zr-Sr, Ba, Hf-Sr, Ba, Nb-Sr, Ba, Th-Sr, Ba, U-Sr, Ba, Sr-Cs, Ba-Cs 쌍에서 나타났다. 상, 하부 각각 및 평균값 공히, 정의 상관관계가 Y-Hf, Nb, Th, U, Cs, Hf-Nb, Nb-Th, U, Cs, Th-U, Cs, U-Cs 쌍에서 나타났다.

세일 지역(Table 12) 상부에서 정의 상관관계가 Y-Zr, Hf, Nb, Cs, Zr-Hf, Nb, Th, Cs, Hf-Nb, Th, Cs, Nb-Th, Cs, Th-Cs, U-Sr 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Rb, Ba, Zr-Ba, Hf-Ba, Nb-Ba, Th-U, Ba-Cs 쌍에서 나타났다. 하부의 정의 상관관계가 Y-Zr, Hf, U, Cs, Zr-Hf, U, Cs, Hf-U, Cs, Nb-Rb, U-Cs, Sr-Ba 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Sr, Ba, Zr-Sr, Ba, Hf-Sr, Ba, Th-Rb, U-Sr, Ba, Sr-Cs, Ba-Cs 쌍에서 나타났다.

평균값의 정의 상관관계가 Y-Zr, Hf, Rb, Cs, Zr-Hf, Rb,

Cs, Hf-Rb, Cs, Th-Ba, U-Cs, Rb-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Sr, Zr-Sr, Hf-Sr, Nb-Th, Ba, Rb-Sr, Sr-Cs 쌍에서 나타났다. 상, 하부 각각 및 평균값 공히, 정의 상관관계가 Y-Zr, Hf, Cs, Zr-Hf, Cs, Hf-Cs 쌍에서 나타났다.

화강암 지역(Table 13) 상부에서 정의 상관관계가 Zr-Hf, Nb, Th, Sr, Hf-Nb, Th, Sr, Nb-Th, U, Th-Sr, Rb-Ba, Sr-Ba, Cs, Ba-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Zr, Hf, Nb, Th, Sr, Cs 쌍에서 나타났다. 하부의 정의 상관관계가 Y-Hf, Zr-Th, Rb, Cs, Nb-Th, U-Sr, Ba, Rb-Cs, Sr-Ba, Ba-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Zr, Th, Rb, Cs, Zr-Hf, Hf-Rb, Ba, Cs 쌍에서 나타났다.

평균값의 정의 상관관계가 Y-Hf, Zr-Nb, Sr, Ba, Cs, Nb-Sr, Ba, Cs, Th-Rb, Ba, Rb-Ba, Sr-Ba, Cs, Ba-Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Th, Rb, Ba, Cs, Hf-Th, Rb, Sr, Ba, Cs 쌍에서 나타났다. 상, 하부 각각 및 평균값 공히, 정의 상관관계가 Ba-Sr, Cs 쌍에서, 부의 상관관계가 Y-Th, Cs

Table 13. Correlation coefficients of the *Sesamum indicum* from the granite area.

A)

		Upper									
		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
Lower	Y		-.90798	-.90798	-.81243	-.90798	-.41206	-.30560	-.99584	-.78976	-.83494
	Zr	-.99865		.99999	.98198	.99999	.75593	-.12149	.86603	.46005	.52751
	Hf	.83893	-.86603		.98198	.99999	.75593	-.12149	.86603	.46005	.52751
	Nb	-.54424	.50000	.00001		.98198	.86603	-.30688	.75593	.28396	.35745
	Th	-.92654	.90578	-.57256	.81986		.75593	-.12149	.86603	.46005	.52751
	U	-.06902	.12066	-.60084	-.79937	-.31135		-.74164	.32733	-.23350	-.15740
	Rb	-.96145	.97441	-.95625	.29256	.78737	.34069		.39109	.82543	.77917
	Sr	-.26282	.31250	-.74559	-.66640	-.11945	.98068	.51801		.84236	.88161
	Ba	-.55864	.60090	-.92006	-.39179	.20558	.86599	.76518	.94708		.99699
	Cs	-.83333	.86087	-.99995	-.01022	.56416	.60898	.95321	.75237	.92401	

B)

		Y	Zr	Hf	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba
Average	Zr	-.77694								
	Hf	.99946	-.75593							
	Nb	-.71658	.99587	-.69338						
	Th	-.91664	.46052	-.92922	.37803					
	U	-.16852	.75150	-.13618	.80829	-.23953				
	Rb	-.92562	.48090	-.93751	.39931	.99973	-.21704			
	Sr	-.79466	.99959	-.77438	.99286	.48577	.73229	.50582		
	Ba	-.98381	.87719	-.97742	.82998	.83017	.34244	.84282	.89059	
	Cs	-.92406	.95859	-.91106	.92878	.69424	.53250	.71067	.96636	.97760

쌍에서 나타났다.

토양의 화학 조성이 식물체의 구성에 영향을 준다고 가정하면(Alina & Henryk, 1985), 이 지역의 HFS 쌍들 사이와 LFS 쌍들 사이의 유사한 정의 상관 관계는 이들이 토양 중 에서 갖는 유사한 광물 조합의 영향(Mason & Moore, 1992) 으로 생각된다. 하지만 HFS와 LFS 쌍들의 관계는 점토광 물의 관계로 설명되어질 수 있다(Velde, 1995). 이 외에도 연구 지역 식물체들의 원소 흡수 정도는 식물체들의 선택적 흡수 정도의 차이(Nanda *et al.*, 1995), 뿌리 주변의 물리, 화학적 변화(Chaney *et al.*, 1997), 식물체 부분별 축적되는 비율의 차이(Alina & Henryk, 1985) 등으로도 설명이 될 수 있다.

기존 금산 지역 화강암, 천매암, 세일의 3 토양에서 재배 되는 인삼의 비호정성 원소 함량 특성(송 등, 2006)에서는 화강암 지역이 많은 원소에서 정 및 부의 상관관계를 보였 고, 지역에 관계없이 3년생 지역에서 높은 상관관계를 보였

다. 각각을 살펴보면 인삼의 연생에 관계없이 세일 지역은 Rb-Ta, Sr-Ba, Y, Nb, Ba-Y, Nb, Y-Nb, Zr-Ta 쌍에서, 천 매암 지역은 Y-Ta 쌍에서, 화강암 지역은 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 상관관계를 보였다.

토양과 식물체의 관계

일반적으로 식물의 중간차이, 부분 별 함량 차이, 토양 별 함량 차이가 나타났고, 일부 원소는 식물체 및 토양 차이에 관계없이 유사한 원소 특성을 보였다.

각 지역별 전체 평균값에서 토양과 식물의 상, 하부 평균 함량의 비(토양/식물체)는 식물의 종 및 토양의 차이에 관계 없이 모든 HFS와 LFS 중 Cs는 1 이상을, LFS 중 Sr은 1 이하를 보였다(Table 14). 이는 식물의 종 및 토양의 차이에 관계없이 평균값에서, 모든 HFS와 LFS 중 Cs는 토양이, LFS 중 Sr은 식물체가 높음을 암시한다.

Table 14. Relative ratios among soils with average values of *Perilla frutescens* and *Sesamum indicum* from the Keumsan area.

	Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
FPT/FP(Av)	2.86	121.03	63.80	270.85	74.73	17.45	14.81	0.89	0.45	1.27	6.68
FST/FS(Av)	3.18	124.72	86.82	524.93	85.59	6.77	5.35	0.58	0.32	0.99	4.72
FGT/FG(Av)	5.51	696.24	407.61	1019.83	105.02	50.99	30.55	1.39	0.24	2.76	9.66
Av/F	3.85	313.99	186.08	605.21	88.45	25.07	16.90	0.95	0.34	1.67	7.02
EPT/EP(Av)	2.83	100.06	59.12	238.92	39.92	10.35	12.17	0.55	0.65	1.17	4.35
EST/ES(Av)	5.21	165.78	124.05	124.43	26.57	4.87	4.74	0.51	0.17	0.52	4.52
EGT/EG(Av)	3.84	971.24	387.78	239.23	72.76	7.42	8.29	3.83	0.26	1.48	4.39
Av/E	3.96	412.36	190.31	200.86	46.42	7.55	8.40	1.63	0.36	1.06	4.42

#All abbreviations are in the Table 1 and 2.

식물체별로 살펴보면 들깨와 토양의 상대 비(토양/식물체)의 평균값에서 식물체의 함량이 높은 Rb, Sr을 제외한 나머지 전 원소가 수 배에서 수 백 배 차이로 토양이 높았음을 암시한다. 참깨의 경우는 식물체의 함량이 높은 Sr을 제외한 나머지 전 원소가 수 배에서 수 백 배 차이로 토양에서 높았음을 암시한다. 상대 비에서 토양과의 큰 차이가 들깨는 Ta → Zr → Hf → Nb → Th → U → Cs → Y → Ba, 참깨는 Zr → Ta → Hf → Nb → U → Th → Cs → Y → Rb → Ba 순서로 감소하였다.

토양과의 상대 비에 대한 식물체별 비교에서 평균값의 경우, 들깨는 Ta, Nb, Th, U, Ba, Cs, 참깨는 Y, Zr, Hf, Rb, Sr이 높은 값을 보였다. 즉 토양 차이를 무시한 식물 종간 평균 함량 비교에서, 이들 원소는 토양과 차이가 크게 남을 암시한다.

또한 평균값의 상대비에서 들깨의 Y, Zr, Hf, Rb, 참깨의 Ta, Nb, Th, U, Sr, Ba, Cs가 1에 가까웠다. 이 결과는 토양 차이를 무시한 식물체별 평균값에서, 참깨가 들깨에 비해 더욱 많은 원소에서 토양의 조성에 가까움을 암시한다.

3 토양 별, 토양 함량과 각 토양별 들깨 평균값의 상대 비(Table 14) 비교에서 천매암 지역은 Rb, Sr, 세일 지역은 Rb, Sr, Ba, 화강암 지역은 Sr이 1 이하를 보여, 식물체가 토양에 비해 높음을 암시한다. 참깨의 상대 비(Table 14) 비교에서는 천매암 지역이 Rb, Sr, 세일 지역이 Rb, Sr, Ba, 화강암 지역은 Sr이 1 이하를 보여 식물체가 토양에 비해 높음을 암시한다. 그 외 원소는 모두 1 이상을 보여 토양이 높음을 암시한다.

3 종류의 토양과 각각 식물체의 상, 하부 평균값의 함량 비교(Table 14)에서 들깨는 천매암 지역의 Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Rb, Sr, 세일 지역의 Th, U, Ba, Cs, 참깨는 천매암 지역의 Y, Zr, Hf, Rb, Sr, Ba, Cs, 세일 지역의 Ta, Nb, Th, U가 토양 조성에 가까웠다.

토양 함량과 식물체의 각 부분별 평균 함량과의 비(토양/상, 하부, Table 15)에서 들깨 및 참깨에 관계없이 HFS 전 원소와, LFS 중 Ba, Cs는 1 이상을, LFS 중 Sr은 1 이하를 보였다. 들깨 및 참깨 공히 대부분 원소에서 상부의 비가 하부의 비보다 높았다.

즉 들깨의 상부는 Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U, Ba, Cs가 수 배에서 수 백 배로 토양이 높았고, Rb, Sr은 수 배 차이로 식물체가 높았다. 하부에서 Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U, Rb, Ba, Cs는 수 배에서 수 백 배로 토양이 높았고, Sr은 수 배 차이로 식물체가 높았다. 참깨의 경우는 상, 하부 공히 Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U, Rb, Ba, Cs는 수 배에서 수 백 배로 토양이 높았고, Sr은 수 배 차이로 식물체가 높았다.

이 결과는 들깨와 참깨 모두, 전 HFS와 LFS 중 Ba와 Cs는 토양이, LFS중 Sr은 식물이 높음을 암시한다.

각각에 대해 좀 더 세밀히 알아보면 토양과 식물체의 상, 하부 함량 비(Table 15)에서 들깨 상부는 화강암 지역이 크고, 천매암 지역이 작았다. 하부에서는 화강암 지역이 크고 세일 지역이 작았다. 이 결과는 들깨의 경우 상, 하부에 관계없이 화강암 지역이 토양과 함량 차이가 큼을 암시하고, 상부는 천매암 지역이, 하부는 세일 지역이 토양과 함량 차이가 작음을 암시한다.

참깨의 경우는 상부에서 천매암과 화강암 지역이 크고, 세일 지역이 작았다. 하부는 화강암 지역이 크고 세일 지역이 작았다. 이 결과는 참깨의 경우 상, 하부에 관계없이 화강암 지역이 크고, 세일 지역이 작음을 암시한다. 두 결과는 들깨 및 참깨 공히, 3 비교 토양의 상, 하부 모두에서, 화강암 지역이 제일 커서, 화강암지역의 토양과 식물체의 함량 차이가 제일 큼을 암시한다.

3 토양의 함량과 식물체의 부분별 함량의 유사성(Table 15)에서 들깨 상부는 전 원소가 천매암 지역에서, 하부는 천매암 지역이 Hf, Ta, Nb, Rb, Sr, 세일 지역이 Th, U, Ba,

Table 15. Relative ratios among soils with each parts of *Perilla frutescens* and *Sesamum indicum* from the Keumsan area.

	Y	Zr	Hf	Ta	Nb	Th	U	Rb	Sr	Ba	Cs
FPT/FPU	5.73	166.28	102.78	762.46	99.52	40.72	30.86	0.88	0.40	1.47	6.97
FST/FSU	19.84	223.54	212.53	1017.99	187.54	72.59	32.46	0.46	0.33	2.48	27.38
FGT/FGU	24.17	842.83	784.62	1579.48	179.50	100.64	59.48	1.45	0.19	2.32	11.47
FUAvg	16.58	410.88	366.64	1119.98	155.52	71.32	40.93	0.93	0.31	2.09	15.27
FPT/FPL	1.92	98.68	46.73	165.24	61.78	12.09	10.41	0.91	0.52	1.26	6.51
FST/FSL	1.75	88.67	56.34	372.26	71.26	3.55	2.93	0.79	0.34	0.68	2.60
FGT/FGL	3.11	598.35	284.05	773.42	76.61	36.34	20.64	1.34	0.32	3.46	8.38
FLAvg	2.26	261.90	129.04	436.97	69.88	17.33	11.33	1.01	0.39	1.80	5.83
EPT/EPU	21.39	130.24	103.07	467.27	94.81	47.33	46.18	0.47	0.53	1.55	6.11
EST/ESU	15.89	290.01	252.24	366.44	39.26	27.26	13.05	0.47	0.12	0.73	13.01
EGT/EGU	9.81	1159.92	752.81	628.36	109.87	45.40	25.43	5.07	0.20	1.52	15.97
EUAvg	15.70	526.72	369.37	487.36	81.32	40.00	28.22	2.00	0.29	1.27	11.70
EPT/EPL	1.53	84.66	42.36	181.97	27.15	6.35	7.35	0.66	0.85	1.01	3.54
EST/ESL	3.24	125.25	89.76	82.79	20.32	2.91	3.03	0.58	0.27	0.50	2.94
EGT/ EGL	2.43	840.18	278.03	189.66	57.42	4.11	4.96	3.24	0.39	1.57	2.57
ELAvg	2.40	350.03	136.72	151.47	34.96	4.45	5.11	1.49	0.50	1.03	3.02

#Abbreviations: U for upper part and L for lower part. The other abbreviations are in the Table 1 and 2.

Cs가 토양의 함량에 가까웠다. 참깨 상부는 천매암 지역이 Zr, Hf, Rb, Sr, Cs, 세일 지역이 Ta, Nb, Th, U, Ba, 하부는 천매암 지역이 Y, Zr, Hf, Rb, Sr, Ba, 세일 지역이 Ta, Nb, Th, U, Cs가 토양의 함량에 가까웠다. 이 결과는 들깨와 참깨 공히, 하부는 천매암 지역에서 토양 조성에 가까움을 암시한다.

적 요

3 토양별 조성 비교에서 식물체 종류에 관계없이 천매암 및 화강암 지역이 높은 원소가, 세일 지역은 낮은 원소가 많았다. 각 식물체별 토양 함량 비교는 대부분 원소가 들깨 지역에서 높았다. 상관관계에서 정의 관계가 들깨 재배지는 화강암 지역이, 참깨 재배지는 세일 지역이 우세하였다. 토양별 절대 함량 관계와 토양 내 원소 함량 사이의 상관 관계는 토양내 특정 원소를 함유하는 광물의 함유 비율 탓으로 해석된다.

식물체에 대한 3 토양별 비교에서 들깨와 참깨 모두, 세일 지역이 높았고, 화강암 지역이 낮았다. 들깨와 참깨에 대한 토양별 비교에서, 참깨가 들깨보다 높은 원소가 많았고, 특히 참깨 재배지의 화강암 지역이 높은 원소가 많았다.

토양 차이를 무시한 각 식물체 내, 상, 하부의 절대 함량 비교에서 지역 및 식물체의 종에 관계없이 대부분 비호정 원

소가 하부에서 높음을, 공히 Rb, Sr은 상부가 높음을 암시한다.

상, 하부 각각의 절대 함량에 대한 종간의 비교 시 상, 하부 공히 Y, Zr, Rb는 들깨가, Ta, Nb, Th, U에서는 참깨가 높음을 암시한다.

연구 지역 식물체들의 종간, 부분별 원소 흡수 정도는 식물체들의 선택적 흡수 정도의 차이, 뿌리 주변의 물리, 화학적 변화, 식물체내 부분별 축적되는 비율의 차이 등으로 설명될 수 있을 듯하다.

상관관계에서 들깨 및 참깨 모두 천매암 지역이 정의 관계가 우세하였다. 이는 토양 내 이 들 성분을 구성하거나, 교대하는 광물과, 이들의 2차 광물인 점토광물의 함량 변화에 따른 영향으로 설명될 수 있다. 이외에도 식물체들의 선택적 흡수 정도 차이, 뿌리 주변의 물리, 화학적 변화, 식물체 부분별 축적되는 비율의 차이 등으로 설명될 수 있다.

각 지역별 전체 평균값에서 토양과 식물의 상, 하부 평균 함량의 비(토양/식물체)는 식물의 종 및 토양의 차이에 관계없이 모든 HFS와 LFS 중 Cs는 수 배에서 수 백 배 차이로 토양이, LFS 중 Sr은 수 배 차이로 식물체가 높음을 암시한다.

3 종류의 토양과 각각 식물체의 상, 하부 평균값의 함량 비교에서, 들깨는 천매암 지역의 Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Rb, Sr, 세일 지역의 Th, U, Ba, Cs, 참깨는 천매암 지역의 Y, Zr, Hf, Rb, Sr, Ba, Cs, 세일 지역의 Ta, Nb, Th, U가 토양 조

성에 가까웠다.

토양과 식물체의 상, 하부 함량 비의 비교 시, 들깨 및 참깨 공히, 3 비교 토양의 상, 하부 모두에서, 화강암 지역이 제일 커서, 화강암 지역의 토양과 식물체의 함량 차이가 제일 큼을 암시한다.

3 토양과 식물체의 부분별 함량 비교에서, 참깨, 들깨 공히 하부는 천매암 지역에서, 토양의 조성에 가까움을 암시한다.

인용문헌

- Alina, K. P. and P. Henryk. 1985. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- Bin, Y. H., Z. R. Choe, M. S. Yang, and S. H. Park. 1988. Effects of date and degrees of defoliation on seed yield and fatty acid composition of perilla (*Perilla ocymoides* L.). Korean J. Crop, Sci. 33(2) : 182-188.
- Chaney, R. L., M. Malik, Y. M. Lee, S. L. Brown, J. S. Angle, and A. J. M. Baker. 1997. Phytoremediation of soil metals. Manuscript for Current opinions in biotechnology.
- Deer, W. A., R. A. Howei, and J. Zussman. 1966. An introduction to rock-forming minerals. Longman Group Ltd., London.
- Hoffaman, E. L. 1997. Instrumental neutron activation in geo-analysis. J. Geochemical Explor. 44 : 297-319.
- Homer, F. A., R. S. Morrison, R. R. Brooks, J. Clemens, and R. D. Reeves. 1991. Comparative Studies of Nickel, Cobalt and Copper Uptake by Some Nickel Hyperaccumulators of the Genus Alyssum. Plant and Soil 138 : 195-205.
- Mason, B. and C. B. Moore. 1992. Principles of Geochemistry. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Nanda, K. P. B. A., D. Viatcheslave, M. Harry, and R. Ilya, 1995. Phytoextraction: The use of Plants to Remove Heavy Metals from Soils. Environ, Sci. Technol. 29 : 1232-1235.
- Oh, M. K., S. J. Yu, J. T. Kim, Y. S. Oh, Y. K. Cheong, Y. S. Jang, J. J. Park, and K. Y. Park. 1995. Flowing response to right intensity and night interruption in perilla. Korean J. Crop. Sci. 40(5) : 222-226.
- Park, J. H. and C. B. Yang. 1990. studies on the removal of phytate from Korean perilla (*Perilla ocimoides* L.) protein. Korean J. Food Sci. Technol. 22(3): 343-349.
- Reimann, C. and P. Caritat. 1998. Chemical elements in the environment. Springer-Verlag. Berlin.
- Rollinson, H. R. 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific. Technical, UK.
- Salmons, W., U. Forstner, and P. Mader. 1995. Heavy metals: Problems and solutions. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Taylor, S. R. and S. M. McLennan. 1981. The Composition and Evolution of Continental Crust: Rare Earth Element Evidence from Sedimentary Rocks, Phil. Tran. Roy. Soc. A301, 381pp.
- Velde, B. 1995, Origin and mineralogy of clays: Clay and Environment. Springer, Heidelberg, Germany.
- 금산군청. 2006. 금산군청 홈페이지. www.geumsan.go.kr.
- 김동관, 정찬식, 천상욱, 국용인, 김명석, 방극필. 2004. 앞들깨 멀칭재배 및 파종기에 따른 생육특성. 한작지 49(3) : 184-187.
- 농촌 진흥청. 1986. 식품성분표(제3개정판). pp. 3-31.
- 농촌 진흥청. 1996. 식품성분표(제5개정판). pp. 3-96.
- 류수노, 김관수, 이은정. 2002. 참깨의 품질 평가의 현황과 전망. 한작지 47(8) : 140-149.
- 류수노, 이은정, 윤혜신, 강삼식. 2003. 참깨 리그닌 성분의 화학 구조와 생리활동. 한작지 48(8) : 65-71.
- 송석환, 강영립, 김일출. 2005. 금산의 화강암 및 함탄질 세일 지역 토양내 식물체의 중금속 함량 특성. 한국자원식물학회지 18(2) : 251-259.
- 송석환, 유선균, 민일식. 2006. 금산 지역 인삼의 비호정성 원소 함량 특성. 고려인삼학회지 30(3) : 135-152.
- 이봉호, 류수노, 곽태순. 2002. 들깨 품질 평가 현황 및 전망. 한작지 47 : 150-162.
- 정순주, 김월수, 차광홍, 한태호. 2004. 한국 원예 작물 도감. 전남대학교농업기술특성화사업센터.
- 최석원, 김억수. 1996. 의학환경지구화학. 도서출판, 춘광.
- 홍승호, 최위찬. 1978. 금산도폭. 자원개발 연구소.