

금산의 다양한 토양으로부터 채취된 고려 인삼의 주 원소 함량 비교

송석환[#] · 민일식* · 장규식

중부대학교 환경보건학과, *중부대학교 관광경영학과
(2008년 7월 11일 접수; 2008년 9월 18일 수리)

Comparisons of the major element contents for the Korean ginsengs from various soils of Keumsan

Suckhwan Song[#], Ell-Sik Min* and Gyu Sick Chang

Department of Environmental Health, Joongbu University, Keumsan, 312-940

*Department of Tourism Management, Joongbu University, Keumsan, 312-940

(Received July 11, 2008; Accepted September 18, 2008)

Abstract : This study is for major element relationships between ginsengs and soils from three representative soil types from Keumsan, shale, phyllite and granite. In the weathered soils, the granite and phyllite are high while the shale are low. The granite show distinctive positive and negative relationships rather than the phyllite and shale. In the field soils, the granite and phyllite are high while the shale are low. Positive relationships are distinctive with the increasing ages, and in the granite. In the ginsengs, high element contents are shown in K and Na of the shale, Mg and Ca of the phyllite, and Al, Mn and Ti of the granite. In the same regions, the 2 and 3 years are mainly low, but high in the 4 year. Positive correlations are distinctive in the 2 and 4 year of the shale, and 3 year of the granite. Comparisons with ginsengs of the same ages from the different areas suggest that the granite show high element contents with the ages. It also suggests that the 2 year of the granite, and 3 and 4 year of the shale and phyllite are high. Relative ratios(weathered/field soils) among the soils suggest that the weathered are generally high, especially in the granite rather than the shale. Relative ratios between field soils and ginsengs(field soils/ginseng) suggest that the soils are higher than the ginsengs, and differences of several hundred times in the Al and Ti and of several ten times in the Mn are shown between two. Comparisons among the different ages from the same areas suggest that differences of several hundred times in the Al and Ti are shown. It suggests that ginseng contents are significantly different from the field soils in the Al and Ti contents. Comparisons among from the same ages of the different areas suggest that high element differences are shown in Na of the shale, and Mn of the phyllite, while low element differences are found in Mg of the shale, and Al, Mn, and Na of the granite

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

서 론

한국에서의 한방 바이오산업은 산업 구조상 21 세기의 경쟁력 있는 고부가가치의 지식 정보 산업이라고 볼 수 있다. 타 분야와 달리 순수 국내 자본, 시설 및 연구력에 의해 개발 가능한 산업으로, 세계 시장에 국제적 경쟁력을 가진 미래 지향적 산업이다. 이런 국가가 정책적으로 추진할 수 있는 한방 바이오산업 분야의 주된 핵이 인삼 산업이라는 데에는 누

구도 이견의 여지가 없다¹⁾.

국내 인삼 산업은 대기업 보다는 중소기업이 중심이 되었고, 국가 단위 보다는 지역 업체가 주도적인 역할을 수행하고 있는 지역 특화 산업이며, IT분야와 같이 혁신적인 기술의 개발이 없이 기존 전통 산업과 연계되어 있는 큰 투자 없이 고부가가치를 얻을 수 있는 산업이라고 볼 수 있다^{2,3)}.

하지만 이런 긍정적 가치에도 불구하고 현재 한국의 인삼 산업은 경제적, 사회적, 제도적인 측면에서 많은 한계를 갖고 있다⁴⁾. 특히 국내 인삼 산업의 문제는 재배 부분부터 고려되어야 할 것이다. 즉 초작에 따른 제한적 토지, 유기비료 투여의 한계, 토양환경의 열악성, 농촌의 고령화 등으로 볼 수 있다^{5,6)}.

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

재배와 관련 하여 많은 연구들은 서로 다른 토양의 지화학적 특성이 식물체의 이화학적 특성에 커다란 영향을 주고 있음을 언급하고 있다^{7,8,9}. 이들 연구의 대부분은 토양 중 중금속 원소를 근거로 하고 있다¹⁰. 또한 고전적인 연구들은 각 지하수 및 식물체내 각각의 무기원소 함량이 인간의 특별한 부분에 건강상의 영향을 주고 있음을 지적하고 있다¹¹.

금산 지역 북부에는 섬캄브리아기에서 초기 고생대 시기의 옥천층군이, 남부에는 중생대 쥐라기 및 백악기의 화강암류가 널리 분포하고 있다^{12,13,14}. 옥천층군은 점판암, 흑색혈암, 천매암, 석영질 점판암 등으로 구성된 창리층이 주이고, 석회질 규산암, 호상 석회암, 결정질 석회암 등으로 구성된 마전리층이 분포하고 있으며, 석영 흑운모 편암, 사질 편마암, 규암으로 구성된 문주리층이 소규모로 분포하고 있다. 기존 연구들은 옥천층군의 일부 토양이 인접 다른 지역과는 다른 특이한 지화학적 특성을 가지고 있음을 지적하고 있다^{15,16}.

또한 인삼 재배지의 토양 연구들도 각 지역의 토양의 화학조성이 인삼의 조성에 영향을 주고 있음을 지적하고 있다^{17,18}. 이 연구들은 인삼 내 포함되어 있는 무기원소 함량에 대한 다양한 언급을 하여 왔는데^{19,20,21}, 고성룡 등²²은 한국, 중국, 일본, 미국, 캐나다의 인삼 중 Fe, Cu의 성분이 중국 및 일본 홍삼에서 높았음을 지적했고, 한강완 등⁵은 인삼이 기관별로 무기성분의 차이가 있음을 언급했고, 이중화 등²³은 인삼의 부위별 함량차이와 함께 이들 원소 쌍들과의 상관관계에 대해 설명하고 있다.

본 연구에서는 금산 지역 여러 토양 중 화강암, 천매암 및 세일 지역을 선정하여 각각 재배지 별로 인삼을 채취하여 주 원소를 분석 하였다. 주 원소는 화학 분석 결과 0.1% 이상의 함량을 보이는 원소에 해당 된다. 이 분석 결과를 근거로 연령별, 지역에 따라, 성분차이를 알아보고 인삼 성분과 토양과의 관계도 고려해 보았다. 이 연구는 금산 인삼의 성분을 이해하는데 도움을 줄 것이며 인삼의 효능을 높이기 위한 지역을 선정하는데 있어서도 부분적으로 기여를 할 것이다.

시료채취 및 분석

2006년 2월부터 2006년 8월까지 12회에 걸쳐 지질조사를 실시하고, 인삼밭의 분포를 조사하였다. 대조구로는 쥐라기 화강암, 대덕리층의 천매암, 창리층의 세일, 3 지역을 선정하였다. 인삼 시료는 2년, 3년, 4년생으로 분류, 토양별로 8~15개의 뿌리를 채취하였고, 인삼이 채취된 직 하부에서 밭토양 시료를, 인삼 밭 인접부에서 상부 토양 시료를 채취하였다.

토양시료: 상부토양 시료는 2에서 15cm 깊이에서 약 1kg을 채취하여 잘 혼합시킨 후 실험실로 운반, 6주간 풍건 시

킨 후 2mm 체로 쳐서 대표시료로 하였다. 시료 0.5g을 질산(0.6 ml)과 염산(1.8 ml)을 사용하여 95°C에서 반응이 멈출 때까지 약 2시간 동안 용해시켜 액상으로 만들고 냉각시킨 후 증류수 10 ml를 첨가한 후 Thermo Jerrel Ash Enviro II ICP로 분석하였다²⁴.

밭 토양: 밭 토양시료는 인삼 시료가 채취된 지점의 직 하부에서 약 1kg을 채취하였다. 이 시료를 잘 혼합시킨 후 실험실로 운반, 6주간 풍건 시킨 후 2mm 체로 쳐서 대표시료로 하였다. 분석 방법은 상부 토양과 동일하다.

인삼시료: 채취된 인삼 시료는 실험실에서 증류수로 수회의 세척을 거쳐 이물질을 최대한 제거한 후 6주간 충분히 기건시켜 대표시료로 하였다. 분석 방법은 시료를 90°C로 건조시켜 파쇄한 후 15g을 칭량하여 약 30 ton으로 압축시켜 제조한 briquette에 15분간 $7 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 파장으로 빛을 조사하고 7일 후 부식된 시료를 INAA를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 풍화토양의 성분 및 상관관계

원소 함량: 분석결과가 Table 1에 있다. 평균값에서 대부분 원소가 세일 토양이 낮았고, 천매암 및 화강암 토양이 높았다. 각각을 살펴보면 세일 토양의 Al_2O_3 (13.53%), Fe_2O_3 (5.36%), CaO (0.24%), Na_2O (0.28%), K_2O (2.75%), TiO_2 (0.69%), P_2O_5 (0.09%), 화강암 지역의 MnO (0.06%)가 낮았고, 천매암 토양의 Fe_2O_3 (6.19%), MnO (0.14%), MgO (5.34%), CaO (4.24%), K_2O (3.28%), 화강암 토양의 SiO_2 (62.13%), Al_2O_3 (16.37%), Na_2O (3.42%), TiO_2 (0.90%), P_2O_5 (0.34%)에서 높은 값을 보였다.

상관계수: 상관계수가 Table 2에 있다. 일반적으로 천매암 및 세일 지역에 비해 화강암 지역이 더욱 많은 원소에서 정 및 부의 상관관계를 보였다. 아래의 결과에 대한 고찰은 5% 수준에서 유의적인 차이가 있는 원소 쌍들간의 상관관계를 나타낸 것이다.

각각을 살펴보면 세일 토양(Table 2A)의 경우 정의 상관관계가 SiO_2 - Al_2O_3 , MnO , CaO , K_2O , Al_2O_3 - MnO , CaO , K_2O , Fe_2O_3 - TiO_2 , MnO - CaO , K_2O , MgO - Na_2O , P_2O_5 , CaO - K_2O 쌍에서, 부의 상관관계가 SiO_2 - MgO , Na_2O , Al_2O_3 - MgO , Na_2O , MnO - MgO , Na_2O , MgO - CaO , K_2O , CaO - Na_2O , Na_2O - K_2O 쌍에서 나타났다.

천매암 토양(Table 2A)의 경우 정의 상관관계가 SiO_2 - MnO , CaO , TiO_2 , Fe_2O_3 - K_2O , MnO - CaO , TiO_2 , MgO - Na_2O , CaO - TiO_2 쌍에서, 부의 상관관계가 SiO_2 - Fe_2O_3 , K_2O ,

Table 1. Analytical results of the weathered soil(W) from the Keumsan area(wt %)

| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | LOI | TOTAL |
|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------|--------|
| A) Shale area | | | | | | | | | | | | |
| SLW2 | 62.14 | 13.54 | 5.44 | 0.062 | 4.29 | 0.25 | 0.28 | 2.76 | 0.696 | 0.09 | 10.58 | 100.13 |
| SLW3 | 61.59 | 13.52 | 5.32 | 0.060 | 4.35 | 0.24 | 0.30 | 2.72 | 0.694 | 0.09 | 10.53 | 99.42 |
| SLW4 | 62.20 | 13.54 | 5.32 | 0.063 | 4.23 | 0.24 | 0.27 | 2.77 | 0.693 | 0.09 | 10.78 | 100.18 |
| SLW(Avg.) | 61.98 | 13.53 | 5.36 | 0.06 | 4.29 | 0.24 | 0.28 | 2.75 | 0.69 | 0.09 | 10.63 | 99.91 |
| B) Phyllite area | | | | | | | | | | | | |
| PHW2 | 55.23 | 14.01 | 6.24 | 0.138 | 5.34 | 4.19 | 0.71 | 3.35 | 0.765 | 0.18 | 9.73 | 99.90 |
| PHW3 | 55.48 | 14.16 | 6.18 | 0.139 | 5.28 | 4.24 | 0.69 | 3.27 | 0.769 | 0.18 | 9.66 | 100.04 |
| PHW4 | 55.53 | 14.01 | 6.15 | 0.141 | 5.39 | 4.28 | 0.72 | 3.22 | 0.773 | 0.17 | 9.46 | 99.84 |
| PHW(Avg.) | 55.41 | 14.06 | 6.19 | 0.14 | 5.34 | 4.24 | 0.71 | 3.28 | 0.77 | 0.18 | 9.62 | 99.93 |
| C) Granite area | | | | | | | | | | | | |
| GRW2 | 61.46 | 16.31 | 5.69 | 0.059 | 1.14 | 1.77 | 3.39 | 2.77 | 0.882 | 0.35 | 5.21 | 99.03 |
| GRW3 | 62.17 | 16.33 | 5.54 | 0.058 | 1.13 | 1.80 | 3.38 | 2.81 | 0.920 | 0.35 | 5.28 | 99.77 |
| GRW4 | 62.77 | 16.47 | 5.34 | 0.058 | 1.07 | 1.73 | 3.48 | 2.94 | 0.890 | 0.33 | 4.97 | 100.05 |
| GRW(Avg.) | 62.13 | 16.37 | 5.52 | 0.06 | 1.11 | 1.77 | 3.42 | 2.84 | 0.90 | 0.34 | 5.15 | 99.62 |
| PHW/SLW | 0.89 | 1.04 | 1.15 | 2.26 | 1.24 | 17.41 | 2.49 | 1.19 | 1.11 | 1.96 | 0.90 | 1.00 |
| GRW/SLW | 1.00 | 1.21 | 1.03 | 0.95 | 0.26 | 7.26 | 12.06 | 1.03 | 1.29 | 3.81 | 0.48 | 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 2. Correlation coefficients of major elements for the weathered soils, Keumsan area

| A) | | Shale | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ |
| Phyllite | SiO ₂ | | .99601 | .42073 | .97035 | -.90719 | .99601 | -.97035 | .99493 | .10060 | -.57528 |
| | Al ₂ O ₃ | .35921 | | .50000 | .94491 | -.86603 | .99999 | -.94491 | .98198 | .18898 | -.50000 |
| | Fe ₂ O ₃ | -.98432 | -.18898 | | .18898 | .00000 | .50000 | -.18898 | .32733 | .94491 | .50000 |
| | MnO | .84856 | -.18898 | -.92857 | | -.98198 | .94491 | -.99999 | .98974 | -.14286 | -.75593 |
| | MgO | .10355 | -.89104 | -.27735 | .61413 | | -.86603 | .98198 | -.94491 | .32733 | .86603 |
| | CaO | .95434 | .06402 | -.99206 | .96787 | .39595 | | -.94491 | .98198 | .18898 | -.50000 |
| | Na ₂ O | -.03394 | -.94491 | -.14286 | .50000 | .99054 | .26616 | | -.98974 | .14286 | .75593 |
| | K ₂ O | -.97252 | -.13207 | .99834 | -.94842 | -.33227 | -.99766 | -.19967 | | .00000 | -.65465 |
| | TiO ₂ | .93326 | .00000 | -.98198 | .98198 | .45392 | .99795 | .32733 | -.99124 | | .75593 |
| P ₂ O ₅ | -.62862 | .50000 | .75593 | -.94491 | -.83863 | -.83224 | -.75593 | .79241 | -.86603 | | |
| B) | | Granite | | | | | | | | | |
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ |
| Average | SiO ₂ | | .89735 | -.99147 | -.88922 | .90493 | -.52902 | .78818 | .94105 | .24688 | -.97168 |
| | Al ₂ O ₃ | .35858 | | -.94722 | -.59604 | -.99985 | -.84923 | .97888 | .99373 | -.20613 | -.97622 |
| | Fe ₂ O ₃ | -.97962 | -.16377 | | .82199 | .95268 | .63514 | -.86168 | -.97712 | -.11845 | .99419 |
| | MnO | -.99981 | -.34027 | .98336 | | .60999 | .08220 | -.41931 | -.68205 | -.66285 | .75593 |
| | MgO | -.80911 | -.83871 | .67459 | .79747 | | .83987 | -.97516 | -.99554 | .18898 | .97986 |
| | CaO | -.91780 | .04153 | .97885 | .92539 | .50928 | | -.93924 | -.78490 | .69173 | .71458 |
| | Na ₂ O | .40457 | .99876 | -.21264 | -.38662 | -.86476 | -.00822 | | .94990 | -.40181 | -.91129 |
| | K ₂ O | -.98404 | -.18676 | .99973 | .98733 | .69164 | .97380 | -.23539 | | -.09547 | -.99433 |
| | TiO ₂ | .15552 | .97791 | .04607 | -.13618 | -.70634 | .24947 | .96630 | .02273 | | -.01089 |
| P ₂ O ₅ | .17885 | .98258 | .02242 | -.15959 | -.72289 | .22649 | .97212 | -.00093 | .99972 | | |

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

Al₂O₃-MgO, Na₂O, Fe₂O₃-MnO, CaO, TiO₂, MnO-K₂O, P₂O₅, MgO-P₂O₅, CaO-K₂O, P₂O₅, K₂O-TiO₂, TiO₂-P₂O₅

쌍에서 나타났다.

화강암 토양(Table 2B)의 경우 정의 상관관계가 SiO₂-

Al_2O_3 , MgO , K_2O , $Al_2O_3-Na_2O$, K_2O , Fe_2O_3-MnO , MgO , P_2O_5 , $MgO-CaO$, P_2O_5 , Na_2O-K_2O 쌍에서, 부의 상관관계가 $SiO_2-Fe_2O_3$, MnO , P_2O_5 , $Al_2O_3-Fe_2O_3$, MgO , CaO , P_2O_5 , $Fe_2O_3-Na_2O$, K_2O , $MgO-Na_2O$, K_2O , $CaO-Na_2O$, $Na_2O-P_2O_5$, $K_2O-P_2O_5$ 쌍에서 나타났다.

3 지역의 평균치(Table 2B)에서 정의 상관관계가 $Al_2O_3-Na_2O$, TiO_2 , P_2O_5 , Fe_2O_3-MnO , CaO , K_2O , $MnO-CaO$, K_2O , $CaO-K_2O$, Na_2O-TiO_2 , P_2O_5 , $TiO_2-P_2O_5$ 쌍에서, 부의 상관관계가 $SiO_2-Fe_2O_3$, MnO , MgO , CaO , K_2O , Al_2O_3-MgO , $MgO-Na_2O$ 쌍에서 나타났다.

지역에 관계없이 3 지역의 모두, SiO_2-MnO , Al_2O_3-MgO , Na_2O , $MgO-Na_2O$, P_2O_5 쌍에서 정 및 부의 상관관계가 나타났다.

평균값을 포함한 3 지역 모두를 고려했을 때 부의 상관관계가 Al_2O_3-MgO 쌍에서 나타났다. 이 관계는 지역에 관계없이 토양 내에서 이들 원소들이 절대함량 증가에서 부의 상관관계를 보임을 암시한다.

2. 발토양의 성분 및 상관관계

1) 원소 함량

평균값: 발 토양의 분석결과가 Table 3에 있다. 전체적으로 천매암 및 화강암 지역이 높았고, 세일 지역은 낮았다. 화강암 지역의 $SiO_2(66.19\%)$, $Al_2O_3(16.37\%)$, $Na_2O(2.06\%)$, $K_2O(3.42\%)$, $TiO_2(0.76\%)$, 천매암 지역의 $Fe_2O_3(6.38\%)$, $MnO(0.13\%)$, $CaO(3.40\%)$, $P_2O_5(0.33\%)$, 세일 지역의 $MgO(5.86\%)$ 에서 높았다. 화강암 지역의 $Fe_2O_3(4.08\%)$, $MnO(0.05\%)$, $MgO(0.80\%)$, 천매암 지역의 $SiO_2(57.04\%)$, $K_2O(2.74\%)$, 세일 지역의 $Al_2O_3(13.13\%)$, $CaO(0.78\%)$, $Na_2O(0.24\%)$, $TiO_2(0.65\%)$, $P_2O_5(0.18\%)$ 에서 낮았다.

기존의 인접 지역에 대한 연구²⁵⁾에서 평균값의 경우 3 토양 중 천매암 지역이 높은 원소가 많았다. 즉 화강암 지역의 Al_2O_3 , Na_2O , 천매암 지역의 Fe_2O_3 , MnO , MgO , 세일 지역의 SiO_2 , CaO 에서 높은 값을 나타냈다.

연생별 원소 함량 : 전체적으로 지역에 관계없이 연생별 원소 함량 차이가 나타났다. 세일 지역(Table 3A)은 대부분 원소에서 4년생 토양이 높고 2년생 토양이 낮았다. 각각을 살펴보면 2년생의 $Fe_2O_3(5.85\%)$, 3년생의 $SiO_2(62.51\%)$, $TiO_2(0.65\%)$, 4년생의 $Al_2O_3(13.52\%)$, $MnO(0.07\%)$, $MgO(7.67\%)$, $CaO(1.33\%)$, $Na_2O(0.28\%)$, $K_2O(3.38\%)$, $P_2O_5(0.21\%)$ 에서 높았다. 2년생의 $MnO(0.06\%)$, $MgO(4.91\%)$, $CaO(0.49\%)$, $Na_2O(0.19\%)$, $TiO_2(0.63\%)$, $P_2O_5(0.15\%)$, 3년생의 $Al_2O_3(12.68\%)$, $Fe_2O_3(5.46\%)$, $K_2O(3.09\%)$, 4년생의 $SiO_2(57.07\%)$ 에서 낮은 값을 보였다.

천매암 지역(Table 3B)은 대부분 원소에서 2년생 토양이 높았고, 4년생 토양이 낮았다. 각각을 살펴보면 2년생의 $Al_2O_3(14.64\%)$, $Fe_2O_3(6.95\%)$, $MgO(6.30\%)$, $CaO(5.22\%)$, $P_2O_5(0.40\%)$, 3년생의 $MnO(0.14\%)$, $Na_2O(0.76\%)$, $K_2O(3.17\%)$, $TiO_2(0.77\%)$, 4년생의 $SiO_2(62.48\%)$ 에서 나타났다. 낮은 원소 함량이 2년생의 $SiO_2(51.65\%)$, $Na_2O(0.55\%)$, 3년생의 $MgO(4.50\%)$, $P_2O_5(0.28\%)$, 4년생의 $Al_2O_3(11.97\%)$, $Fe_2O_3(6.04\%)$, $MnO(0.12\%)$, $CaO(1.23\%)$, $K_2O(2.02\%)$, $TiO_2(0.64\%)$ 에서 나타났다.

화강암 지역(Table 3C)은 3 지역 토양 중 연생별 토양의 토양 함량차이가 가장 명확하지 않았으나, 2년생 토양은 낮은 원소가 많았고, 3년생 토양은 높은 원소가 많았다. 각각을 살펴보면 높은 값이 2년생의 $SiO_2(67.53\%)$, $Al_2O_3(16.95\%)$, $K_2O(4.30\%)$, 3년생의 $MgO(0.95\%)$, $CaO(2.80\%)$, $Na_2O(2.56\%)$, $TiO_2(0.94\%)$, 4년생의 $Fe_2O_3(4.53\%)$, $MnO(0.05\%)$, $P_2O_5(0.25\%)$ 에서 나타났다. 낮은 값이 2년생의 $Fe_2O_3(3.30\%)$, $MnO(0.04\%)$, $MgO(0.54\%)$, $CaO(0.23\%)$, $TiO_2(0.49\%)$, $P_2O_5(0.09\%)$, 3년생의 $Al_2O_3(15.81\%)$, $K_2O(2.89\%)$, 4년생의 $SiO_2(65.09\%)$, $Na_2O(1.53\%)$ 에서 나타났다.

기존의 인접 지역에 대한 연구²⁵⁾에서 화강암 지역은 2년생의 SiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , TiO_2 , P_2O_5 , 3년생의 Al_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O 에서 높았고, 천매암 지역은 1년생의 SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , TiO_2 , P_2O_5 , 2년생의 Fe_2O_3 , MgO , CaO , K_2O , 3년생의 MnO , MgO 에서 높았다. 또한 세일 지역은 1년생의 MnO , Na_2O , TiO_2 , P_2O_5 , 2년생의 SiO_2 , 3년생의 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , MgO 에서 높았다.

2) 상관관계수

화강암 지역의 3,4년생을 제외하고 모든 지역에서는 연생이 증가함에 따라 정의 상관관계를 보이는 원소쌍이 증가하였다. 동일 연령이라 하더라도 세일 지역에 비해 천매암 지역이, 천매암 지역에 비해 화강암 지역이 정의 상관관계를 보이는 원소쌍이 증가하였다. 아래의 결과에 대한 고찰은 5% 수준에서 유의적인 차이가 있는 원소 쌍들간의 상관관계를 나타낸 것이다.

세일: 발 토양에 대한 상관관계가 Table 4에 있고, 전체적으로 4년생 토양이 정의 상관관계를 우세하게 보였다. 2년생 토양(Table 4A)에서 정의 상관관계가 Al_2O_3-CaO , TiO_2 , P_2O_5 , Fe_2O_3-CaO , P_2O_5 , $MnO-MgO$, Na_2O , $MgO-Na_2O$, $CaO-TiO_2$, P_2O_5 , $TiO_2-P_2O_5$ 쌍에서, 부의 상관관계가 Al_2O_3-MnO , MgO , Na_2O , K_2O , $Fe_2O_3-K_2O$, $MnO-TiO_2$, $CaO-K_2O$, Na_2O-TiO_2 , K_2O-TiO_2 , P_2O_5 쌍에서 나타났다.

3년생 토양(Table 4C)에서 정의 상관관계가 $SiO_2-Al_2O_3$,

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

| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | LOI | TOTAL |
|-----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------|--------|
| A)Shale area | | | | | | | | | | | | |
| SL-2-1 | 62.46 | 13.20 | 5.78 | 0.062 | 4.87 | 0.49 | 0.18 | 3.21 | 0.635 | 0.15 | 9.12 | 100.15 |
| SL-2-2 | 62.13 | 13.26 | 5.93 | 0.062 | 4.89 | 0.50 | 0.18 | 3.18 | 0.641 | 0.15 | 9.08 | 100.01 |
| SL-2-3 | 62.15 | 13.09 | 5.83 | 0.063 | 4.97 | 0.49 | 0.22 | 3.21 | 0.626 | 0.15 | 9.10 | 99.89 |
| PHW(Avg.) | 62.25 | 13.18 | 5.85 | 0.06 | 4.91 | 0.49 | 0.19 | 3.20 | 0.63 | 0.15 | 9.10 | 100.02 |
| SL-3-1 | 62.64 | 12.75 | 5.49 | 0.066 | 5.12 | 0.53 | 0.24 | 3.09 | 0.651 | 0.17 | 9.27 | 100.00 |
| SL-3-2 | 62.76 | 12.70 | 5.44 | 0.063 | 4.89 | 0.52 | 0.22 | 3.13 | 0.655 | 0.17 | 9.11 | 99.65 |
| SL-3-3 | 62.13 | 12.60 | 5.46 | 0.065 | 4.99 | 0.52 | 0.26 | 3.04 | 0.657 | 0.17 | 9.34 | 99.23 |
| SLF3(Av) | 62.51 | 12.68 | 5.46 | 0.06 | 5.00 | 0.52 | 0.24 | 3.09 | 0.65 | 0.17 | 9.24 | 99.63 |
| SL-4-1 | 56.93 | 13.39 | 5.66 | 0.069 | 7.58 | 1.31 | 0.27 | 3.37 | 0.645 | 0.21 | 9.50 | 98.95 |
| SL-4-2 | 57.09 | 13.56 | 5.72 | 0.069 | 7.65 | 1.32 | 0.27 | 3.37 | 0.652 | 0.21 | 9.61 | 99.53 |
| SL-4-3 | 57.19 | 13.62 | 5.87 | 0.070 | 7.79 | 1.36 | 0.30 | 3.41 | 0.647 | 0.22 | 9.63 | 100.09 |
| SLF4(Av) | 57.07 | 13.52 | 5.75 | 0.07 | 7.67 | 1.33 | 0.28 | 3.38 | 0.65 | 0.21 | 9.58 | 99.52 |
| SLF(Avg) | 60.61 | 13.13 | 5.69 | 0.07 | 5.86 | 0.78 | 0.24 | 3.22 | 0.65 | 0.18 | 9.31 | 99.72 |
| B)Phyllite area | | | | | | | | | | | | |
| PH-2-1 | 51.57 | 14.67 | 6.92 | 0.144 | 6.33 | 5.19 | 0.53 | 3.04 | 0.772 | 0.39 | 10.43 | 99.97 |
| PH-2-2 | 51.56 | 14.54 | 6.97 | 0.140 | 6.35 | 5.24 | 0.56 | 2.99 | 0.751 | 0.40 | 10.55 | 100.05 |
| PH-2-3 | 51.81 | 14.71 | 6.97 | 0.139 | 6.22 | 5.23 | 0.56 | 3.03 | 0.758 | 0.40 | 10.38 | 100.20 |
| PHF2(AV) | 51.65 | 14.64 | 6.95 | 0.14 | 6.30 | 5.22 | 0.55 | 3.02 | 0.76 | 0.40 | 10.45 | 100.07 |
| PH-3-1 | 56.94 | 14.27 | 6.30 | 0.148 | 4.55 | 3.81 | 0.76 | 3.24 | 0.783 | 0.29 | 8.97 | 100.05 |
| PH-3-2 | 56.60 | 13.98 | 6.04 | 0.144 | 4.49 | 3.77 | 0.76 | 3.18 | 0.764 | 0.26 | 9.01 | 99.00 |
| PH-3-3 | 57.44 | 13.71 | 6.09 | 0.142 | 4.47 | 3.72 | 0.75 | 3.09 | 0.777 | 0.28 | 8.98 | 99.46 |
| PHF3(AV) | 56.99 | 13.99 | 6.14 | 0.14 | 4.50 | 3.77 | 0.76 | 3.17 | 0.77 | 0.28 | 8.99 | 99.50 |
| PH-4-1 | 62.43 | 11.67 | 5.87 | 0.115 | 4.99 | 1.20 | 0.59 | 1.99 | 0.629 | 0.30 | 9.10 | 98.89 |
| PH-4-2 | 62.65 | 12.11 | 6.12 | 0.119 | 5.15 | 1.23 | 0.61 | 2.03 | 0.646 | 0.31 | 8.98 | 99.97 |
| PH-4-3 | 62.37 | 12.13 | 6.13 | 0.120 | 5.25 | 1.25 | 0.63 | 2.03 | 0.656 | 0.32 | 9.02 | 99.90 |
| PHF4(AV) | 62.48 | 11.97 | 6.04 | 0.12 | 5.13 | 1.23 | 0.61 | 2.02 | 0.64 | 0.31 | 9.03 | 99.59 |
| PHF(avg) | 57.04 | 13.53 | 6.38 | 0.13 | 5.31 | 3.40 | 0.64 | 2.74 | 0.73 | 0.33 | 9.49 | 99.72 |
| PHF/SLF | 0.94 | 1.03 | 1.12 | 2.06 | 0.91 | 4.35 | 2.69 | 0.85 | 1.13 | 1.84 | 1.02 | 1.00 |
| C) Granite area | | | | | | | | | | | | |
| GR-2-1 | 66.97 | 17.07 | 3.41 | 0.043 | 0.56 | 0.24 | 2.12 | 4.28 | 0.488 | 0.10 | 4.63 | 99.89 |
| GR-2-2 | 67.91 | 16.89 | 3.29 | 0.042 | 0.53 | 0.22 | 2.09 | 4.28 | 0.480 | 0.09 | 4.49 | 100.32 |
| GR-2-3 | 67.70 | 16.88 | 3.19 | 0.039 | 0.52 | 0.23 | 2.07 | 4.33 | 0.492 | 0.09 | 4.44 | 99.99 |
| GRF2(AV) | 67.53 | 16.95 | 3.30 | 0.04 | 0.54 | 0.23 | 2.09 | 4.30 | 0.49 | 0.09 | 4.52 | 100.07 |
| GR-3-1 | 66.36 | 15.70 | 4.21 | 0.045 | 0.90 | 2.71 | 2.59 | 2.93 | 0.883 | 0.20 | 3.39 | 99.91 |
| GR-3-2 | 65.35 | 15.97 | 4.59 | 0.048 | 1.00 | 2.90 | 2.55 | 2.85 | 0.985 | 0.22 | 3.59 | 100.04 |
| GR-3-3 | 66.12 | 15.77 | 4.40 | 0.047 | 0.95 | 2.80 | 2.55 | 2.90 | 0.955 | 0.21 | 3.51 | 100.19 |
| GRF3(AV) | 65.94 | 15.81 | 4.40 | 0.05 | 0.95 | 2.80 | 2.56 | 2.89 | 0.94 | 0.21 | 3.50 | 100.05 |
| GR-4-1 | 65.22 | 16.12 | 4.49 | 0.049 | 0.93 | 1.44 | 1.53 | 3.06 | 0.858 | 0.25 | 5.90 | 99.84 |
| GR-4-2 | 65.19 | 16.37 | 4.51 | 0.051 | 0.91 | 1.40 | 1.52 | 3.08 | 0.819 | 0.25 | 5.80 | 99.90 |
| GR-4-3 | 64.85 | 16.57 | 4.59 | 0.050 | 0.94 | 1.42 | 1.55 | 3.04 | 0.859 | 0.26 | 5.86 | 99.98 |
| GRF4(AV) | 65.09 | 16.35 | 4.53 | 0.05 | 0.93 | 1.42 | 1.53 | 3.06 | 0.85 | 0.25 | 5.85 | 99.91 |
| GRF(avg) | 66.19 | 16.37 | 4.08 | 0.05 | 0.80 | 1.48 | 2.06 | 3.42 | 0.76 | 0.19 | 4.62 | 100.01 |
| GRF/SLF | 1.12 | 1.28 | 0.57 | 0.63 | 0.09 | 0.31 | 8.83 | 1.28 | 0.75 | 0.56 | 0.47 | 1.00 |

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

K₂O, Fe₂O₃-MnO, MgO, CaO, MnO-MgO, MgO-CaO, CaO-P₂O₅, TiO₂-P₂O₅ 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가

SiO₂-Na₂O, Al₂O₃-TiO₂, Fe₂O₃-P₂O₅, MnO-P₂O₅, MgO-P₂O₅, CaO-TiO₂, Na₂O-K₂O 쌍에서 나타났다.

Table 4. Correlation coefficients of major elements for the field soils of the shale area, Keumsan area

| A) | | 2 year | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ |
| 3 year | SiO ₂ | | .03683 | -.79021 | -.45246 | -.61284 | -.54608 | -.45246 | .54608 | -.00969 | -.29231 |
| | Al ₂ O ₃ | .87088 | | .58332 | -.90784 | -.81224 | .81706 | -.90784 | -.81706 | .99892 | .94491 |
| | Fe ₂ O ₃ | -.06533 | .43355 | | -.18898 | .00000 | .94491 | -.18898 | -.94491 | .62047 | .81706 |
| | MnO | -.36205 | .14286 | .95382 | | .98198 | -.50000 | .99999 | .50000 | -.88736 | -.72058 |
| | MgO | -.10498 | .39736 | .99921 | .96502 | | -.32733 | .98198 | .32733 | -.78423 | -.57656 |
| | CaO | .33656 | .75593 | .91766 | .75593 | .90113 | | -.50000 | -.99999 | .84299 | .96077 |
| | Na ₂ O | -.94166 | -.65465 | .39736 | .65465 | .43355 | .00000 | | .50000 | -.88736 | -.72058 |
| | K ₂ O | .96128 | .70170 | -.33780 | -.60492 | -.37498 | .06402 | -.99795 | | -.84299 | -.96077 |
| | TiO ₂ | -.62625 | -.92857 | -.73704 | -.50000 | -.70957 | -.94491 | .32733 | -.38715 | | .95911 |
| | P ₂ O ₅ | -.20925 | -.66285 | -.96210 | -.83577 | -.95049 | .99124 | -.13207 | .06834 | .89341 | |
| B) | | 4 year | | | | | | | | | |
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ |
| Average | SiO ₂ | | .99064 | .93050 | .79241 | .94842 | .89341 | .79241 | .79241 | .40181 | .14803 |
| | Al ₂ O ₃ | -.83052 | | .87178 | .70170 | .89626 | .82370 | .70170 | .70170 | .52307 | .01162 |
| | Fe ₂ O ₃ | -.31131 | .78786 | | .96077 | .99863 | .99587 | .96077 | .96077 | .03846 | .50000 |
| | MnO | -.99910 | .80618 | .27077 | | .94491 | .98198 | .99999 | .99999 | -.24019 | .72058 |
| | MgO | -.99747 | .78887 | .24303 | .99959 | | .98974 | .94491 | .94491 | .09078 | .45392 |
| | CaO | -.99727 | .78716 | .24303 | .99959 | .99999 | | .98198 | .98198 | -.05241 | .57656 |
| | Na ₂ O | -.80800 | .34290 | -.30836 | .83224 | .84781 | .84928 | | .99999 | -.24019 | .72058 |
| | K ₂ O | -.94183 | .96941 | .61258 | .92675 | .91559 | .91447 | .56299 | | -.24019 | .72058 |
| | TiO ₂ | -.46286 | -.10931 | -.69829 | .50000 | .52465 | .52701 | .89626 | .13803 | | -.84615 |
| | P ₂ O ₅ | -.93020 | .56810 | -.05925 | .94491 | .95392 | .95475 | .96787 | .75273 | .75593 | |

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

4년생 토양(Table 4B)에서 정의 상관관계가 SiO₂-Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Al₂O₃-Fe₂O₃, MgO, CaO, Fe₂O₃-MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, MnO-MgO, CaO, Na₂O, K₂O, MgO-CaO, Na₂O, K₂O, CaO-Na₂O, K₂O, Na₂O-K₂O 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 TiO₂-P₂O₅ 쌍에서 나타났다.

평균값(Table 4B)에서 정의 상관관계가 Al₂O₃-MnO, K₂O, MnO-MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, MgO-CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, CaO-Na₂O, K₂O, MgO-CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, CaO-Na₂O, K₂O, P₂O₅, Na₂O-TiO₂, P₂O₅ 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 SiO₂-Al₂O₃, MnO, MgO, CaO, K₂O, P₂O₅ 쌍에서 나타났다. 지역에 관계없이 3 지역 모두, MnO-MgO, TiO₂-P₂O₅ 쌍에서 정 및 부의 상관관계가 나타났다.

평균값을 포함한 3 지역 모두를 고려했을 때 정의 상관관계가 MnO-MgO 쌍에서 나타났다. 이 관계는 지역에 관계없이 토양 내에서 이들 원소들의 절대함량 증가에서 정의 상관관계를 보임을 암시한다.

천매암: 밭토양에 대한 원소의 상관관계가 Table 5에 있고, 전체적으로 4년생 토양이 대부분 원소에서 정의 상관관계를 보였다. 2년생 토양(Table 5A)에서는 정의 상관관계가

Al₂O₃-K₂O, Fe₂O₃-CaO, Na₂O, P₂O₅, MnO-TiO₂, CaO-Na₂O, P₂O₅, Na₂O-P₂O₅, K₂O-TiO₂ 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 SiO₂-MgO, Fe₂O₃-MnO, TiO₂, MnO-CaO, Na₂O, P₂O₅, CaO-TiO₂, Na₂O-TiO₂, TiO₂-P₂O₅ 쌍에서 나타났다.

3년생 토양(Table 5A)에서는 정의 상관관계가 Al₂O₃-MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Fe₂O₃-MnO, MgO, TiO₂, P₂O₅, MnO-MgO, CaO, K₂O, MgO-CaO, K₂O, CaO-Na₂O, K₂O, Na₂O-K₂O, TiO₂-P₂O₅ 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 SiO₂-Na₂O 쌍에서 나타났다.

4년생 토양(Table 5B)에서는 정의 상관관계가 SiO₂ 쌍을 제외한 전 원소가 정의 상관관계를 보였다. 즉 SiO₂-Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅ 쌍을 제외한 전 원소가 정의 상관관계를 보였다.

평균값(Table 5B)에서 정의 상관관계가 Al₂O₃-MnO, CaO, K₂O, TiO₂, Fe₂O₃-CaO, P₂O₅, MnO-CaO, K₂O, TiO₂, MgO-Na₂O, CaO-K₂O, TiO₂, K₂O-TiO₂ 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계는 SiO₂-MgO, Na₂O, Na₂O-P₂O₅ 쌍에서 나타났다.

지역에 관계없이 3 지역의 모두에서는 Al₂O₃-K₂O, Fe₂O₃-MnO, TiO₂, P₂O₅, MnO-CaO, CaO-Na₂O, TiO₂-P₂O₅ 쌍이

Table 5. Correlation coefficients of major elements for the field soils of the phyllite area, Keumsan area

| A) | | 2 year | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ |
| 3 year | SiO ₂ | | .70746 | .46909 | -.62754 | -.99417 | .29374 | .46909 | .36050 | -.15417 | .46909 |
| | Al ₂ O ₃ | -.57493 | | -.29231 | .10631 | -.77953 | -.46777 | -.29231 | .91427 | .58923 | -.29231 |
| | Fe ₂ O ₃ | .07262 | .77429 | | -.98198 | -.37115 | .98198 | .99999 | -.65465 | -.94491 | .99999 |
| | MnO | -.42866 | .98567 | .86995 | | .53995 | -.92857 | -.98198 | .50000 | .86603 | -.98198 |
| | MgO | -.34487 | .96628 | .91113 | .99587 | | -.18898 | -.37115 | -.45896 | .04676 | -.37115 |
| | CaO | -.64207 | .99642 | .71800 | .96787 | .94104 | | .98198 | -.78571 | -.98974 | .98198 |
| | Na ₂ O | -.91549 | .85553 | .33479 | .75593 | .69338 | .89626 | | -.65465 | -.94491 | .99999 |
| | K ₂ O | -.68024 | .99082 | .68165 | .95382 | .92261 | .99870 | .91766 | | .86603 | -.65465 |
| | TiO ₂ | .58400 | .32842 | .85202 | .48305 | .56055 | .24736 | -.20805 | .19774 | | -.94491 |
| | P ₂ O ₅ | .56810 | .34674 | .86204 | .50000 | .57656 | .26616 | -.18898 | .21678 | .99981 | |
| B) | | 4 year | | | | | | | | | |
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ |
| Average | SiO ₂ | | .27655 | .28089 | .12819 | -.07241 | -.08985 | -.20350 | .31330 | -.05632 | -.20350 |
| | Al ₂ O ₃ | -.41569 | | .99999 | .98852 | .93845 | .93227 | .88462 | .99926 | .94390 | .88462 |
| | Fe ₂ O ₃ | .27879 | .75755 | | .98783 | .93688 | .93062 | .88250 | .99942 | .94240 | .88250 |
| | MnO | -.61651 | .97238 | .58425 | | .97986 | .97622 | .94491 | .98198 | .98296 | .94491 |
| | MgO | -.99282 | .30389 | -.39169 | .51788 | | .99985 | .99124 | .92447 | .99987 | .99124 |
| | CaO | -.29278 | .99136 | .83664 | .93335 | .17627 | | .99340 | .91766 | .99943 | .99340 |
| | Na ₂ O | -.91238 | .00697 | -.64748 | .24019 | .95480 | -.12428 | | .86603 | .98898 | .99999 |
| | K ₂ O | -.70651 | .93735 | .48267 | .99278 | .61676 | .88354 | .35491 | | .93050 | .86603 |
| | TiO ₂ | -.66945 | .95392 | .52676 | .99761 | .57576 | .90631 | .30671 | .99870 | | .98898 |
| | P ₂ O ₅ | .58547 | .49395 | .94177 | .27735 | -.67826 | .60375 | -.86603 | .16009 | .21028 | |

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

정 및 부의 상관관계가 나타났다. 3 지역의 공히 Al₂O₃-K₂O, Fe₂O₃-P₂O₅, CaO-Na₂O 쌍에서 정의 상관관계가 나타났다.

평균값을 포함한 3 지역 모두를 고려했을 때 정의 상관관계가 Al₂O₃-K₂O, Fe₂O₃-P₂O₅ 쌍에서 나타났다. 이 관계는 지역에 관계없이 토양내에서 이들 원소들이 절대함량 증가에서 정의 상관관계를 보임을 암시한다.

화강암: 발토양에 대한 원소의 상관관계가 Table 6에 있고, 전 연령층 중 3년생 토양이 대부분 원소에서 정 및 부의 상관관계를 보였다.

2년생 토양(Table 6A)에서는 정의 상관관계가 Al₂O₃-Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, P₂O₅, Fe₂O₃-MnO, MgO, Na₂O, P₂O₅, MnO-MgO, Na₂O, MgO-Na₂O, P₂O₅, CaO-P₂O₅, Na₂O-P₂O₅ 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 SiO₂-Al₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, P₂O₅, MnO-K₂O, MgO-K₂O, Na₂O-K₂O 쌍에서 나타났다.

3년생 토양(Table 6A)에서는 정의 상관관계가 SiO₂-K₂O, Al₂O₃-Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, TiO₂, P₂O₅, Fe₂O₃-MnO, MgO, CaO, TiO₂, P₂O₅, MnO-MgO, CaO, TiO₂, P₂O₅, MgO-CaO, TiO₂, P₂O₅, CaO-TiO₂, P₂O₅, TiO₂-P₂O₅ 쌍에

서 나타났고, 부의 상관관계가 SiO₂-Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, TiO₂, P₂O₅, Al₂O₃-K₂O, Fe₂O₃-Na₂O, K₂O, MnO-Na₂O, K₂O, MgO-Na₂O, K₂O, CaO-Na₂O, K₂O, Na₂O-TiO₂, P₂O₅, K₂O-TiO₂, P₂O₅ 쌍에서 나타났다.

4년생 토양(Table 6B)에서는 정의 상관관계가 SiO₂-K₂O, Al₂O₃-Fe₂O₃, P₂O₅, Fe₂O₃-Na₂O, P₂O₅, MgO-Na₂O, TiO₂, CaO-TiO₂, Na₂O-P₂O₅ 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 SiO₂-Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, P₂O₅, MnO-CaO, TiO₂, MgO-K₂O, Na₂O-K₂O, K₂O-TiO₂, P₂O₅ 쌍에서 나타났다.

평균값(Table 6B)에서 정의 상관관계가 SiO₂-K₂O, Al₂O₃-K₂O, Fe₂O₃-MnO, MgO, TiO₂, P₂O₅, MnO-MgO, CaO, TiO₂, P₂O₅, MgO-CaO, TiO₂, P₂O₅, CaO-TiO₂, P₂O₅, TiO₂-P₂O₅ 쌍에서, 부의 상관관계가 SiO₂-Fe₂O₃, MnO, MgO, TiO₂, P₂O₅, Al₂O₃-Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, TiO₂, Fe₂O₃-K₂O, MnO-K₂O, MgO-K₂O, CaO-K₂O, K₂O-TiO₂, P₂O₅ 쌍에서 나타났다.

지역에 관계없이 3 지역의 모두에서 정 및 부의 상관관계가 SiO₂-Al₂O₃, P₂O₅, Al₂O₃-Fe₂O₃, P₂O₅, Fe₂O₃-P₂O₅, MgO-Na₂O, Na₂O-P₂O₅ 쌍에서 나타났다. 3 지역 모두에서 정의 상

Table 6. Correlation coefficients of major elements for the field soils of the granite area, Keumsan area

| A) | | 2 year | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ |
| 3 year | SiO ₂ | | -0.96607 | -0.77403 | -0.52414 | -0.89737 | -0.95259 | -0.81208 | 0.30424 | -0.39363 | -0.97709 |
| | Al ₂ O ₃ | -0.99973 | | 0.91129 | 0.72631 | 0.98090 | 0.84170 | 0.93524 | -0.53995 | 0.14286 | 0.99891 |
| | Fe ₂ O ₃ | -0.95704 | 0.96347 | | 0.94491 | 0.97399 | 0.54470 | 0.99805 | -0.83863 | -0.27735 | 0.89104 |
| | MnO | -0.88500 | 0.89549 | 0.98198 | | 0.84615 | 0.24019 | 0.92261 | -0.97073 | -0.57656 | 0.69338 |
| | MgO | -0.95704 | 0.96347 | 0.99999 | 0.98198 | | 0.72058 | 0.98624 | -0.69338 | -0.05241 | 0.97073 |
| | CaO | -0.96541 | 0.97116 | 0.99954 | 0.97579 | 0.99954 | | 0.59604 | 0.00000 | 0.65465 | 0.86603 |
| | Na ₂ O | 0.68385 | -0.70047 | -0.86603 | -0.94491 | -0.86603 | -0.85044 | | -0.80296 | -0.21678 | 0.91766 |
| | K ₂ O | 0.98865 | -0.99185 | -0.98974 | -0.94491 | -0.98974 | -0.99363 | 0.78571 | | 0.75593 | -0.50000 |
| | TiO ₂ | -0.86403 | 0.87540 | 0.97289 | 0.99906 | 0.97289 | 0.96541 | -0.95819 | -0.92987 | | 0.18898 |
| | P ₂ O ₅ | -0.95704 | 0.96347 | 0.99999 | 0.98198 | 0.99999 | 0.99954 | -0.86603 | -0.98974 | 0.97289 | |
| B) | | 4 year | | | | | | | | | |
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ |
| Average | SiO ₂ | | -0.87049 | -0.99316 | -0.07299 | -0.70613 | 0.07299 | -0.91850 | 0.82722 | -0.45508 | -0.99733 |
| | Al ₂ O ₃ | 0.66487 | | 0.92202 | 0.55442 | 0.26616 | -0.55442 | 0.60492 | -0.44353 | -0.04213 | 0.83224 |
| | Fe ₂ O ₃ | -0.96794 | -0.83119 | | 0.18898 | 0.61859 | -0.18898 | 0.86603 | -0.75593 | 0.34796 | 0.98198 |
| | MnO | -0.93928 | -0.88081 | 0.99536 | | -0.65465 | -0.99999 | -0.32733 | 0.50000 | -0.85486 | 0.00000 |
| | MgO | -0.92356 | -0.90047 | 0.99027 | 0.99906 | | 0.65465 | 0.92857 | -0.98198 | 0.95186 | 0.75593 |
| | CaO | -0.60859 | -0.99733 | 0.78840 | 0.84392 | 0.86633 | | 0.32733 | -0.50000 | 0.85486 | 0.00000 |
| | Na ₂ O | 0.39003 | -0.42849 | -0.14622 | -0.05038 | -0.00713 | 0.49328 | | -0.98198 | 0.77010 | 0.94491 |
| | K ₂ O | 0.89565 | 0.92771 | -0.97865 | -0.99388 | -0.99773 | -0.89800 | -0.06022 | | -0.87678 | -0.86603 |
| | TiO ₂ | -0.85751 | -0.95442 | 0.95925 | 0.98198 | 0.98924 | 0.93009 | 0.13927 | -0.99684 | | 0.51886 |
| | P ₂ O ₅ | -0.99421 | -0.74130 | 0.98933 | 0.97073 | 0.95943 | 0.69035 | -0.28880 | -0.93826 | 0.90784 | |

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

관관계가 Al₂O₃-Fe₂O₃, P₂O₅, Fe₂O₃-P₂O₅, Na₂O-P₂O₅ 쌍에서 나타났다. 부의 상관관계가 SiO₂-Al₂O₃, P₂O₅, MgO-K₂O 쌍에서 나타났다.

평균값을 포함하여 3 지역 모두, Fe₂O₃-P₂O₅ 쌍에서 정의 상관관계가, SiO₂-P₂O₅, MgO-K₂O 쌍에서 부의 상관관계가 나타났다. 이는 지역에 관계없이 토양 내에서 이들 원소들이 절대함량 증가에서 정 및 부의 상관관계가 보임을 암시한다.

기존의 인접 지역에 대한 연구²⁵⁾에서 정 및 부의 상관관계가 화강암 지역에서 우세하였으나 정의 상관관계는 세일 지역이, 부의 상관관계는 화강암 지역이 우세하였다. 평균값을 포함, 화강암, 천매암, 세일 3 지역 공히, 정의 상관관계가 Al₂O₃-K₂O와 Fe₂O₃-MgO 쌍에서 나타났다. 이는 지역에 관계없이 이들 원소 쌍들이 토양에서 서로의 상관성을 갖고 존재함을 의미한다.

3. 인삼의 성분 및 상관관계

1) 원소 함량

(1) 평균값

일반적으로 높은 원소 및 낮은 원소 함량이 화강암 지역에

서 나타났다(Table 7). 높은 값이 세일의 K(0.37%), Na(0.03%), 천매암 지역의 Mg(0.14%), Ca(0.28%), 화강암 지역의 Al(225.86 ppm), Mn(32,74 ppm), Ti(11.00 ppm)에서 나타났다. 낮은 값이 세일 지역의 Al(158.10 ppm), Mn(13.64 ppm), 천매암 지역의 Ti(9.46 ppm), 화강암 지역의 Mg(0.12%), K(0.28%), Na(0.027%)에서 나타났다.

기존의 인접 지역에 대한 연구²⁶⁾에서 회토류 원소의 2,3년 평균값은 높은 값이 세일 지역의 전 원소에서, 낮은 값이 천매암 지역의 전 원소에서 나타났고, 화강암 지역은 중간 값을 보였다.

(2) 각 지역 동일 연생별 성분 비교

각 지역 동일 연생별 평균 비교가 Table 7C에 있다. 일반적으로 화강암 지역은 연생이 증가함에 따라 높은 함량을 보이는 원소가 많았다.

각각을 살펴보면 세일 지역에 대한 화강암 지역 원소 함량의 비(화강암/세일)에서 2년생은 Mn 만이 1 이상 값을 보여, 대부분 원소가 세일 지역이 우세함을 보여주고 있다. 3년생은 Mg를 제외한 나머지 원소들이 1 이상 값을 보여 대부분 원

소에서 화강암 지역이 셰일 지역보다 높은 원소 함량을 보임 외한 나머지 원소가 1 이상 값을 보였다. 위 결과들은 전체
을 지적하고 있다. 4년생의 경우 주 원소 중 Mg, Na를 제 적으로 2년생에는 화강암 지역이, 3년생과 4년생에는 셰일 지

Table 7. Analytical results of the ginsengs from the Keumsan area(wt % except Al, Mn and Ti(ppm))

| | Si | Al | Fe | Mn | Mg | Ca | Na | K | Ti |
|-----------------|------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| A)Shale area | | | | | | | | | |
| SL2 | >0.2 | 93.633 | >0.01 | 6.014 | 0.071 | 0.119 | 0.017 | 0.581 | 5.682 |
| SL2 | >0.2 | 600.218 | 0.046 | 19.900 | 0.200 | 0.260 | 0.027 | 1.696 | 30.474 |
| SL2 | >0.2 | 104.014 | >0.01 | 5.347 | 0.059 | 0.125 | 0.014 | 0.473 | 5.675 |
| SLG2(AVG) | - | 265.955 | - | 10.421 | 0.110 | 0.168 | 0.019 | 0.917 | 13.944 |
| SL3 | >0.2 | 75.299 | >0.01 | 9.709 | 0.085 | 0.246 | 0.011 | 0.100 | 7.311 |
| SL3 | >0.2 | 149.410 | 0.011 | 14.109 | 0.106 | 0.215 | 0.023 | 0.100 | 10.994 |
| SL3 | >0.2 | 92.592 | >0.01 | 10.994 | 0.145 | 0.285 | 0.015 | 0.100 | 6.885 |
| SLG3(AVG) | - | 105.767 | - | 11.604 | 0.112 | 0.248 | 0.017 | 0.100 | 8.396 |
| SL4 | >0.2 | 249.889 | 0.019 | 26.493 | 0.225 | 0.239 | 0.068 | 0.100 | 19.456 |
| SL4 | >0.2 | 21.716 | >0.01 | 11.792 | 0.109 | 0.100 | 0.043 | 0.100 | 4.825 |
| SL4 | >0.2 | 36.140 | >0.01 | 18.429 | 0.144 | 0.132 | 0.053 | 0.100 | 7.155 |
| SLG4(AVG) | - | 102.582 | - | 18.904 | 0.159 | 0.157 | 0.055 | 0.100 | 10.479 |
| SLG(AV) | - | 158.10 | - | 13.64 | 0.13 | 0.19 | 0.03 | 0.37 | 10.94 |
| SLG3/SLG2 | - | 0.40 | - | 1.11 | 1.02 | 1.48 | 0.85 | 0.11 | 0.60 |
| SLG4/SLG2 | - | 0.39 | - | 1.81 | 1.45 | 0.94 | 2.82 | 0.11 | 0.75 |
| B)Phyllite area | | | | | | | | | |
| PH2 | >0.2 | 196.819 | 0.015 | 24.394 | 0.175 | 0.359 | 0.033 | 0.100 | 12.130 |
| PH2 | >0.2 | 141.283 | 0.012 | 23.694 | 0.184 | 0.267 | 0.016 | 0.100 | 9.975 |
| PH2 | >0.2 | 153.695 | 0.011 | 14.529 | 0.146 | 0.307 | 0.032 | 0.100 | 8.185 |
| PHG2(AVG) | - | 163.932 | 0.013 | 20.872 | 0.168 | 0.311 | 0.027 | 0.100 | 10.097 |
| PH3 | >0.2 | 107.948 | >0.01 | 29.750 | 0.134 | 0.181 | 0.051 | 0.100 | 8.213 |
| PH3 | >0.2 | 144.848 | 0.010 | 24.400 | 0.117 | 0.231 | 0.037 | 0.100 | 8.222 |
| PH3 | >0.2 | 87.943 | 0.011 | 16.226 | 0.086 | 0.162 | 0.013 | 1.033 | 7.188 |
| PHG3(AVG) | - | 113.580 | >0.01 | 23.459 | 0.113 | 0.191 | 0.034 | 0.411 | 7.874 |
| PH4 | >0.2 | 233.730 | 0.024 | 14.917 | 0.118 | 0.374 | 0.019 | 0.989 | 11.029 |
| PH4 | >0.2 | 200.960 | 0.022 | 18.092 | 0.131 | 0.364 | 0.019 | 0.100 | 9.352 |
| PH4 | >0.2 | 232.619 | 0.024 | 15.297 | 0.139 | 0.300 | 0.036 | 0.100 | 10.828 |
| PHG4(AVG) | - | 222.436 | 0.023 | 16.102 | 0.129 | 0.346 | 0.025 | 0.396 | 10.403 |
| PHG(AVG) | - | 166.65 | - | 20.14 | 0.14 | 0.28 | 0.03 | 0.30 | 9.46 |
| PHG3/PHG2 | - | 0.69 | - | 1.12 | 0.67 | 0.62 | 1.24 | 4.11 | 0.78 |
| PHG4/PHG2 | - | 1.36 | 1.85 | 0.77 | 0.77 | 1.11 | 0.90 | 3.96 | 1.03 |
| C)Granite area | | | | | | | | | |
| GR2 | >0.2 | 176.601 | 0.013 | 34.976 | 0.127 | 0.171 | 0.021 | 0.100 | 5.321 |
| GR2 | >0.2 | 169.131 | >0.010 | 21.721 | 0.065 | 0.100 | 0.012 | 0.100 | 4.067 |
| GR2 | >0.2 | 133.209 | >0.010 | 26.084 | 0.076 | 0.105 | 0.020 | 0.100 | 3.685 |
| GRG2(AV) | - | 159.647 | - | 27.594 | 0.089 | 0.125 | 0.018 | 0.100 | 4.358 |
| GR3 | >0.2 | 138.625 | >0.010 | 16.760 | 0.077 | 0.184 | 0.018 | 0.100 | 8.817 |
| GR3 | >0.2 | 221.352 | 0.022 | 26.510 | 0.110 | 0.286 | 0.025 | 0.100 | 16.067 |
| GR3 | >0.2 | 294.626 | 0.021 | 34.419 | 0.142 | 0.391 | 0.026 | 0.100 | 15.736 |
| GRG3(AV) | - | 218.201 | - | 25.896 | 0.110 | 0.287 | 0.023 | 0.100 | 13.540 |
| GR4 | >0.2 | 398.698 | 0.026 | 41.029 | 0.222 | 0.279 | 0.021 | 0.100 | 17.788 |
| GR4 | >0.2 | 144.041 | >0.010 | 46.782 | 0.102 | 0.144 | 0.047 | 0.100 | 7.461 |
| GR4 | >0.2 | 356.470 | 0.019 | 46.413 | 0.145 | 0.251 | 0.052 | 1.736 | 20.019 |
| GRG4(AV) | - | 299.736 | - | 44.741 | 0.156 | 0.225 | 0.040 | 0.645 | 15.089 |
| GRG(AV) | - | 225.86 | - | 32.74 | 0.12 | 0.21 | 0.03 | 0.28 | 11.00 |
| GRG3/GRG2 | - | 1.37 | - | 0.94 | 1.23 | 2.29 | 1.32 | 1.00 | 3.11 |
| GRG4/GRG2 | - | 1.88 | - | 1.62 | 1.75 | 1.79 | 2.28 | 6.45 | 3.46 |
| GRG2/SLG2 | - | 0.60 | - | 2.65 | 0.81 | 0.75 | 0.90 | 0.11 | 0.31 |
| GRG3/SLG3 | - | 2.06 | - | 2.23 | 0.98 | 1.15 | 1.40 | 1.00 | 1.61 |
| GRG4/SLG4 | - | 2.92 | - | 2.37 | 0.98 | 1.43 | 0.73 | 6.45 | 1.44 |
| GRG2/PHG2 | - | 0.97 | - | 1.32 | 0.53 | 0.40 | 0.65 | 1.00 | 0.43 |
| GRG3/PHG3 | - | 1.92 | - | 1.10 | 0.97 | 1.50 | 0.68 | 0.24 | 1.72 |
| GRG4/PHG4 | - | 1.35 | - | 2.78 | 1.21 | 0.65 | 1.64 | 1.63 | 1.45 |

> means above working range of instrument.

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

역이 높은 함량을 보임을 암시한다.

천매암 지역에 대한 화강암 지역 원소 함량의 비(화강암/천매암)에서 2년생에 비해 3년생이 화강암 지역에 비해 천매암 지역이 높은 원소 함량을 보였다. 2년생의 경우 Mn, K를 제외한 나머지 원소들이 1 이하 값을 보여 대부분 원소가 화강암 지역이 높음을 암시한다. 3년생의 경우 Mg, Na, K 원소들이 1 이하 값을 보였다.

4년생의 경우 Ca를 제외한 나머지 원소가 1 이상 값을 보여 화강암 지역이 천매암 지역에 비해 대부분 원소에서 높음을 암시한다. 위 결과들은 천매암 지역과 화강암 지역의 비교에서 2년생은 화강암 지역이, 3년생과 4년생은 천매암 지역이 높은 원소 함량을 보임을 암시한다.

기존의 인접 지역에 대한 연구²⁵⁾에서 동일 연생 인삼의 지역 차이에 따른 주 원소 비교 시 세일 지역의 2년 및 3년생 인삼은 높은 함량의 원소가 많았고, 화강암 지역이 낮은 함량의 원소가 많았다. 각각을 살펴보면 2년생의 경우 천매암 지역의 Fe, Ca, 세일 지역의 Al, Mn, Na, Ti, 3년생의 경우 화강암 지역의 Mn, Na, 천매암 지역의 Ca, 세일 지역의 Al, Fe, Ti에서 높았다.

인접 지역의 동일 연생 인삼 회토류 원소의 지역적 비교²⁶⁾에서도 2, 3년생 모두 세일 지역이 높았고, 천매암 지역이 낮았다. 즉 높은 값이 2년생의 경우 화강암 지역은 La와 Pr 이, 세일 지역은 그 외 대부분 원소에서 나타났고, 3년생의 경우 세일 지역의 전 원소에서 나타났다.

(3) 각 지역 연생 차이별 성분 비교

대체적으로 지역적 차이는 있었으나 2, 3년생이 낮고, 4년생이 높은 원소가 많았다.

세일 지역: 원소(Table 7A)의 2, 4년생이 높은 원소가 많았고, 3년생이 낮았다. 각각을 살펴 보면 2년생의 Al(265.955 ppm) K(0.917%), Ti(13.944 ppm), 3년생의 Ca(0.248%), 4년생의 Mn(18.904 ppm), Mg(0.159%), Na(0.055%)에서 높았다. 그리고 2년생의 Mn(10.421 ppm), Mg(0.110%), 3년생의 Na(0.017%), K(0.100%), Ti(8.396 ppm), 4년생의 Al(102.58 ppm), Ca(0.157%)에서 낮았다.

천매암 지역: 원소(Table 7B)는 3년생이 낮았고 높았다. 각각을 살펴보면 2년생의 Mg(0.168%), 3년생의 Mn(23.459 ppm), Ca(0.091%), K(0.411%), 4년생의 Al(222.44 ppm), Fe(0.023%), Ca(0.346%), Ti(10.403 ppm)에서 높았다. 그리고 2년생의 K(0.100%), 3년생의 Al(113.580 ppm), Fe(<0.01%), Mg(0.113%), Ca(0.191%), Ti(7.874 ppm), 4년생의 Mn(16.102 ppm), Na(0.025%)에서 낮았다.

화강암 지역: 원소(Table 7C)는 2년생에서 낮았고 4년생에

서 높았다. 각각을 살펴보면 4년생의 Al(299.736 ppm), Fe(>0.018%), Mn(44.741 ppm), Mg(0.156%), Na(0.040%), K(0.645%), Ti(15.089 ppm)에서 높았고, 2년생의 Al(159.647 ppm), Fe(<0.011%), Mg(0.089%), Ca(0.125%), Na(0.018%), K(0.100%), Ti(4.358 ppm)에서 낮았다. 그 외에 3년생의 Ca(0.287 ppm)가 높았고, 3년생의 Mn(25.896 ppm), K(0.100%)에서 낮았다.

기존의 인접 지역에 대한 연구²⁵⁾에서 3 지역 공히 2년생에서 Al, Na, Ti가 높았다. 즉 화강암 지역 2년생의 Al, Mn, Mg, Na, Ti, 3년생의 Fe, Ca에서 높았다. 천매암 지역의 경우 2년생의 Al, Fe, Mg, Ca, Na, Ti, 3년생은 Mn, K에서 높았다. 그리고 세일 지역의 경우 2년생의 Al, Mn, Ca, Na, Ti, 3년생은 Fe, K, Ti에서 높았다.

이들 지역에 대한 회토류 원소 연구²⁶⁾에서도 동일 지역 인삼의 연생 차이별 비교 시 일반적으로 화강암과 천매암 지역은 2년생이, 세일 지역은 3년생이 높았다.

2) 상관관계

정의 상관관계가 2, 4년생은 세일 지역에서 우세하였고, 3년생은 화강암 지역이 우세하였다. 평균값의 경우도 정의 상관관계가 화강암 지역이 우세하였고, 세일 지역이 미약하였다. 아래의 결과에 대한 고찰은 5% 수준에서 유의적인 차이가 있는 원소 쌍들간의 상관관계를 나타낸 것이다.

세일: 세일 지역 인삼에 대한 원소의 상관관계가 Table 8에 있다. 2년생(Table 8A)의 경우 전 원소에서 정의 상관관계를 보였다. 3년생(Table 8A)의 경우 정의 상관관계가 Al-Mn, Na, Ti, Mn-Na, Ti, Mg-Ca, Ca-K, Na-Ti쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 K-Ti 쌍에서 나타났다.

4년생(Table 8B)의 경우 정의 상관관계가 Al-Mn, Mg, Ca, Ti, Mn-Mg, Ca, K, Ti, Mg-Ca, Ti, Ca-Ti 쌍에서 나타났다. 평균값(Table 8B)에서 정의 상관관계가 Al-K, Ti, Mn-Mg, Na, Mg-Na, K-Ti 쌍에서 나타났다. 지역에 관계없이 3 지역의 모두, Al-Mn, Ti, Mn-Ti, Ca-Ti, 쌍에서 정의 상관관계를 보였다. 지역의 모두에서 Al-Mn, Ti, Mn-Ti 쌍에서 정의 상관관계를 보였다.

평균값을 포함한 3 지역 모두, Al-Ti 쌍에서 정의 상관관계를 보였다. 이 관계는 지역에 관계없이 토양 내에서 이들 원소들이 절대함량 증가에서 정의 상관관계를 보임을 암시한다. 전체적으로 2년생에서 4년생으로 갈수록 상관 계수는 낮아지는 경향을 보였다.

천매암: 천매암 지역 인삼에 대한 상관관계가 Table 9에 있다. 2년생(Table 9A)에서 Al-Fe, Ca, K, Fe-K, Ti, Mn-Mg, K, Ti, Mg-K, Ca-Na, K, Na-K, K-Ti 쌍이 정의 상관

Table 8. Correlation coefficients of major elements for the ginsengs from the shale area, Keumsan area

| A) | | 2 year | | | | | | |
|---------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | Al | Mn | Mg | Ca | Na | K | Ti |
| 2 year | Al | | .99760 | .99551 | .99981 | .97131 | .99522 | .99983 |
| | Mn | .99801 | | .99968 | .99604 | .98546 | .99960 | .99869 |
| | Mg | .05333 | .11617 | | .99346 | .98945 | .99999 | .99707 |
| | Ca | -.68635 | -.63914 | .68964 | | .96643 | .99311 | .99928 |
| | Na | .99411 | .99896 | .16126 | -.60346 | | .98989 | .97547 |
| | K | -.73274 | -.68839 | .64046 | .99783 | -.65465 | | .99683 |
| | Ti | .94946 | .92779 | -.26279 | -.87993 | .90985 | -.90930 | |
| B) | | 4 year | | | | | | |
| | | Al | Mn | Mg | Ca | Na | K | Ti |
| Average | Al | | .91666 | .97084 | .98639 | .22269 | .54807 | .99574 |
| | Mn | -.62081 | | .98574 | .96989 | -.18550 | .83669 | .94959 |
| | Mg | -.54530 | .99568 | | .99704 | -.01749 | .73260 | .98880 |
| | Ca | -.38533 | -.48421 | -.56340 | | .05939 | .67812 | .99735 |
| | Na | -.47406 | .98457 | .99657 | -.62983 | | -.69338 | .13191 |
| | K | .99985 | -.60733 | -.53090 | -.40103 | -.45896 | | .62282 |
| | Ti | .92190 | -.26860 | -.17795 | -.71274 | -.09591 | .92838 | |

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

Table 9. Correlation coefficients of major elements for the ginsengs from the phyllite area, Keumsan area

| A) | | 2 Year | | | | | | | |
|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Al | Fe | Mn | Mg | Ca | Na | K | Ti |
| 3 Year | Al | | .89735 | .36416 | .08042 | .97276 | .71073 | .99999 | .77459 |
| | Fe | -.76914 | | .73779 | .51205 | .77061 | .32733 | .99999 | .97420 |
| | Mn | .45634 | -.91965 | | .95761 | .13835 | .32733 | .99999 | .87111 |
| | Mg | .49751 | -.93703 | .99890 | | -.15283 | -.64403 | .99999 | .69271 |
| | Ca | .99647 | -.71274 | .37999 | .42289 | | .85444 | .99999 | .60688 |
| | Na | .48353 | -.93130 | .99953 | .99987 | .40829 | | .99999 | .10561 |
| | K | -.78357 | .99974 | -.91041 | -.92879 | -.72860 | -.92272 | | .99999 |
| Ti | .77396 | -.99997 | .91665 | .93436 | .71803 | .92852 | -.99988 | | |
| B) | | 4 Year | | | | | | | |
| | | Al | Fe | Mn | Mg | Ca | Na | K | Ti |
| Average | Al | | .99956 | -.99680 | -.16567 | -.36060 | .47395 | .53392 | .99679 |
| | Fe | .96686 | | -.99398 | -.13618 | -.38826 | .50000 | .50846 | .99396 |
| | Mn | -.99202 | -.99133 | | .24393 | .28493 | -.40209 | -.59976 | -.99999 |
| | Mg | .25269 | -.00270 | -.12868 | | -.86009 | .78987 | -.92231 | -.24409 |
| | Ca | .93942 | .82077 | -.88870 | .56904 | | -.99222 | .59612 | -.28477 |
| | Na | -.93812 | -.81862 | .88697 | -.57212 | -.99999 | | -.49149 | .40193 |
| | K | .00047 | .25576 | -.12655 | -.96743 | -.34234 | .34586 | | .59989 |
| Ti | .89792 | .75579 | -.83526 | .65277 | .99440 | -.99479 | -.43973 | | |

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

관계를 보였다. 3년생(Table 9A)에서 정의 상관관계가 Al-Ca, Fe-K, Mn-Mg, Na, Ti, Mg-Na, Ti, Na-Ti 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 Fe-Mn, Mg, Na, Ti, Mn-K, Mg-K, Na-K, K-Ti 쌍에서 나타났다.

4년생(Table 9B)에서 정의 상관관계가 Al-Fe, Ti, Fe-Ti 쌍

에서 나타났고, 부의 상관관계가 Al-Mn, Fe-Mn, Mn-Ti, Mg-Ca, K, Ca-Na 쌍에서 나타났다. 평균값(Table 9B)에서 정의 상관관계가 Al-Fe, Ca, Ti, Fe-Ca, Mn-Na, Ca-Ti 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 Al-Mn, Na, Fe-Mn, Na, Mn-Ca, Ti, Mg-K, Ca-Na, Na-Ti 쌍에서 나타났다.

지역에 관계없이 3 지역의 모두, Fe-Ti, Mn-Ti, Mg-K쌍에서 정 및 부의 상관관계가 나타났다.

화강암: 화강암 지역 인삼에 대한 원소의 상관관계가 Table 10에 있다. 2년생(Table 10A)에서 정의 상관관계가 Mn-Mg, Ca, Na, Ti, Mg-Ca, Ti, Ca-Ti 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 Na-K 쌍에서 나타났다. 3년생(Table 10A)에서 정의 상관관계가 Al-Mn, Mg, Ca, Na, Ti, Mn-Mg, Ca, Na, Ti, Mg-Ca, Na, Ti, Ca-Na, Ti, Na-Ti 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 K-Ti 쌍에서 나타났다.

4년생(Table 10B)에서 정의 상관관계가 Al-Mg, Ca, Ti, Mn-Na, Mg-Ca, Ca-Ti 쌍에서 나타났고, 부의 상관관계가 Mn-Mg, Mg-Na 쌍에서 나타났다. 평균값(Table 10B)에서 대부분 원소가 정의 상관관계를 보였다. 즉 Al-Ca, Mn-Ca, Ti, Mg-Ca, Ca-Na, K, Na-Ti, K-Ti 쌍을 제외한 기타 원소 쌍에서 정의 상관관계가 나타났다.

지역에 관계없이 3 지역 모두, Mn-Mg, Na, Mg-Na, Ca-Ti 쌍에서 정 및 부의 상관관계가 나타났다. 평균값을 포함한 3 지역 모두를 고려했을 때 Mn-Na, Ca-Ti 쌍에서 정의 상

관관계가 나타났다. 이 관계는 지역에 관계없이 토양 내에서 이들 원소들이 절대함량 증가에서 정의 상관관계를 보임을 암시한다.

기존의 인접 지역에 대한 연구²⁵⁾는 평균값의 상관관계에서 2년생의 경우 정의 상관관계가 Al-Mn, Ti, Fe-Ca, Mn-Na, Ti 쌍에서, 부의 상관관계가 Mn-Ca, Ca-Na 쌍에서, 3년생의 경우 정의 상관관계가 Al-Ti, Mn-Na 쌍에서, 부의 상관관계가 Al-Ca, Fe-Na, Ca-Ti 쌍에서 나타났다. 공통적으로 2, 3년 공히 Al-Ti, Mn-Na 쌍에서 정의 상관관계가 나타났다.

토양, 인삼과의 성분 관계

1. 풍화토와 발토양의 관계

풍화토와 발토양의 상대적인 비(풍화토/발토양)가 Table 11에 있다. 전체적으로 세일 지역에서 천매암, 화강암 지역으로 갈수록 1 이상을 보이는 원소는 많았다.

세일 지역의 경우 SiO₂(1.02 배), Al₂O₃(1.03 배), Na₂O(1.19 배), TiO₂(1.07 배)는 1 이상을 보여 풍화토 함량이 높음을 암

Table 10. Correlation coefficients of major elements for the ginsengs from the granite area, Keumsan area

| A) | | 2 Year | | | | | | |
|---------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Al | Mn | Mg | Ca | Na | K | Ti |
| 3 Year | Al | | .34898 | .49538 | .58281 | -.25742 | .77422 | .78973 |
| | Mn | .99968 | | .98694 | .96491 | .81571 | -.32294 | .85048 |
| | Mg | .99966 | .99869 | | .99461 | .71188 | -.16626 | .92411 |
| | Ca | .99906 | .99766 | .99985 | | .63520 | -.06309 | .95876 |
| | Na | .98162 | .98611 | .97631 | .97244 | | -.81088 | .38948 |
| | K | -.52993 | -.55113 | -.50767 | -.49274 | -.68205 | | .22317 |
| | Ti | .86325 | .87570 | .84982 | .84060 | .94373 | -.88553 | |
| B) | | 4 Year | | | | | | |
| | | Al | Mn | Mg | Ca | Na | K | Ti |
| Average | Al | | -.67152 | .86260 | .99910 | -.50394 | .34771 | .94841 |
| | Mn | .87242 | | -.95411 | -.70236 | .97842 | .46125 | -.40195 |
| | Mg | .99308 | .92379 | | .88329 | -.87165 | -.17438 | .65771 |
| | Ca | .53435 | .05305 | .43138 | | -.54014 | .30761 | .93410 |
| | Na | .97790 | .95532 | .99569 | .34583 | | .63462 | -.20410 |
| | K | .90933 | .99668 | .95190 | .13420 | .97622 | | .62704 |
| | Ti | .88508 | .54467 | .82428 | .86637 | .76821 | .61116 | |

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

Table 11. Relative ratios between weathered(W) and field(F) soils from the Keumsan area

| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| SLW/SLF | 1.02 | 1.03 | 0.94 | 0.94 | 0.73 | 0.31 | 1.19 | 0.85 | 1.08 | 0.51 |
| PHW/PHF | 0.97 | 1.04 | 0.97 | 1.04 | 1.00 | 1.24 | 1.11 | 1.20 | 1.06 | 0.54 |
| GRW/GRF | 0.94 | 1.00 | 1.36 | 1.27 | 1.38 | 1.19 | 1.66 | 0.83 | 1.18 | 1.85 |

#Abbreviation: GR for granite area, PH for phyllite area and SL for shale area.

시하고, Fe_2O_3 (0.94 배), MnO (0.94 배), MgO (0.73 배), CaO (0.31 배), K_2O (0.85 배), P_2O_5 (0.51 배)은 1 이하로 발토양 함량이 높음을 암시하고 있다.

천매암 지역의 경우 Al_2O_3 (1.04 배), MnO (1.04 배), MgO (1.00 배), CaO (1.24 배), Na_2O (1.11 배), K_2O (1.20 배), TiO_2 (1.06 배)는 1 이상으로 풍화토 함량이 높음을 암시하고, SiO_2 (0.97 배), Fe_2O_3 (0.97 배), P_2O_5 (0.54 배)은 1 이하로 발토양의 함량이 높음을 암시하고 있다.

화강암 지역의 경우 Al_2O_3 (1.00 배), Fe_2O_3 (1.36 배), MnO (1.27 배), MgO (1.38 배), CaO (1.19 배), Na_2O (1.66 배), TiO_2 (1.18 배), P_2O_5 (1.85 배)는 1 이상으로 풍화토 함량이 높았고, SiO_2 (0.94 배), K_2O (0.83 배), Fe_2O_3 (0.97 배)은 1 이하로 발토양 함량이 높음을 암시하고 있다. 위 결과는 전체적으로 풍화토가 발토양에 비해 세일 지역보다 화강암 지역 쪽에서 높음을 암시한다.

2. 토양과 인삼의 성분과의 관계

인삼과 토양원소 함량과의 관계가 Table 12에 있다.

1) 평균에 대한 지역적 비교

연생에 관계없이 3 지역 공히 전 평균치의 비교(토양/인삼)에서 Al (327.81-657.39 배), Ti (257.45-454.91 배)은 수 백 배 이상, Mn (16.28-52.28 배)은 수 십 배의 차이가 나타났다(Table 12). 상대비가 높은 값이 세일 지역의 Al , Na , 천매암 지역의 Mn , Na , 화강암 지역의 Mg , K , Ti , 낮은 비가 세일 지역의 Mg , Ti , 천매암 지역의 K , 화강암 지역의 Al , Ca , Na 에서 나타났다.

이 결과는 평균값에서 지점에 관계없이 전 원소가 인삼보다 토양에서 높음을 암시하고, 3 지역 공히 연생에 관계없이 인삼보다 토양이 Al , Ti 는 수 백 배 이상, Mn 은 수 십 배 이상 높음을 암시한다.

기존의 인접 지역에 대한 희토류 원소 연구²⁶⁾에서는 대부분 원소가 인삼에 비해 토양에서 높았다. 원소 번호의 증가에 따라 지그제그 경향을 보이며 감소하는 경향을 보였고 전체적으로 인삼과 토양사이에 유사한 차이의 변화를 보였다. 또한 각 지역적으로 보았을 때 작은 비율 차이가 세일에서, 큰 비율 차이가 천매암 지역에서 나타났다. 지역에 관계없이 대체로 토양/상부 비보다 토양/하부 비가 컸고, 대체로 LREE보다 HREE의 비율 차이가 컸다.

2) 동 지역내 연생 차이별 비교(발토양/인삼 함량)

지역별 원소 별 차이가 있었으나 공히 Al , Ti 는 수 백 배, Mn 은 수 십 배 차이를 보였다(Table 12).

세일 지역: 2, 3, 4년 연생에 관계없이, 발토양/인삼 함량

의 비에서 Al (337.22-791.25 배), Ti (209.24-671.88 배)에서 수 백 배, Mn (20.48-31.15 배)에서 수 십 배, Mg (2.84-5.11)에서 수 배의 차이가 나타났다(Table 12A). 이 외에도 수 백 배에서 수 십 배의 차이가 Na , 수 십 배에서 수배의 차이가 K 에서 나타났다. 하지만 Ca 는 2년생의 경우 상대비에서 1 이하를 보여 인삼이 토양 보다 높음을 암시한다.

연생별로 보았을 때 많은 원소에서 높은 비가 3년생, 낮은 비가 2년생에서 나타났다. 즉 높은 비가 3년생의 Mn , Mg , Na , Ti , 4년생의 Al , Ca , K , 낮은 비가 2년생의 Al , Mg , Ca , K , Ti , 4년생의 Mn , Na 에서 나타났다.

기존의 인접 지역에 대한 희토류 원소 연구²⁶⁾에서는 세일 지역의 토양/인삼 하부 비 차이가 일부 원소를 제외한 대부분 원소에서 2 년생은 1.15-3.40 배로, 가장 큰 차이가 Lu 에서, 가장 작은 차이가 Sm 에서 나타났다. 3 년생은 2.18-7.68배로, 가장 큰 차이가 Ce 에서, 가장 작은 차이가 La 에서 나타났다.

천매암 지역: 2, 3, 4년 연생에 관계없이, 발토양/인삼 함량의 비에서 Al (284.79-843.68 배), Ti (370.92-589.80 배)에서 수 백 배, Mn (47.76-56.75 배), Mg (22.94-24.13), Na (14.98-16.55)에서 수 십 배 차이가 나타났다(Table 12B). 이 외에도 Ca , K 가 수 십 배에서 수 배 차이를 보였다.

연생별로 보았을 때 많은 원소에서 높은 비가 3년생, 낮은 비가 4년생에서 나타났다. 즉 높은 비가 2년생의 K , 3년생의 Al , Mg , Ca , Ti , 4년생의 Mn , Na , 낮은 비가 2년생의 Mg , Na , 3년생의 Mn , 4년생의 Al , Ca , K , Ti 에서 나타났다.

기존의 인접 지역에 대한 희토류 원소 연구²⁶⁾에서 천매암 지역의 토양/인삼 하부 비 차이는 2년생의 경우 8.55-23.27배로 가장 큰 차이가 La 에서, 가장 작은 차이가 Eu 에서 나타났다, 3 년생의 경우 토양/인삼 하부 비 차이는 5.52-19.11배로 가장 큰 차이가 Tm 에서, 가장 작은 차이가 Eu 에서 나타났다.

화강암 지역: 2, 3, 4년 연생에 관계없이, 발토양/인삼 함량의 비에서 Al (238.77-437.02 배), Ti (257.45-872.25 배)에서 수 백 배, Mn (12.00-19.34 배), Mg (27.49-33.12 배)에서 수 십 배, Ca (1.30-6.02 배), Na (5.18-8.14 배)에서 수 배 차이가 나타났다(Table 12C). 이 외에도 K 가 수 십 배에서 수 배 차이를 보였다.

연생별로 보았을 때 연생별로 보았을 때 많은 원소에서 높은 비가 2년생, 낮은 비가 4년생에서 나타났다. 즉 높은 비가 2년생의 Al , Mg , Ca , Na , K , Ti , 3년생의 Mn , 낮은 비가 3년생의 Mg , Ca , Ti , 4 년생의 Al , Mn , Na , K 에서 나타났다.

기존의 인접 지역에 대한 희토류 원소 연구²⁶⁾에서 천매암 지역의 토양/인삼 하부 비 차이가 2년생의 경우 2.14-8.24

Table 12. Relative ratios between field soils(F) and ginsengs(G) from the Keumsan area

| SAMPLE | Al | Mn | Mg | Ca | Na | K | Ti |
|-----------------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|
| A)Shale area | | | | | | | |
| SLF2-1/SLG2-1 | 964.82 | 55.37 | 4.74 | 1.45 | 90.25 | 6.12 | 514.92 |
| SLF2-2/SLG2-2 | 148.92 | 16.35 | 1.60 | 0.61 | 57.69 | 2.09 | 94.43 |
| SLF2-3/SLG2-3 | 858.86 | 56.48 | 5.32 | 1.31 | 108.95 | 7.60 | 519.70 |
| SLF2(A)/SLG2(A) | 337.22 | 30.72 | 2.94 | 0.98 | 79.78 | 3.89 | 209.24 |
| SLF3-1/SLG3-1 | 1103.45 | 35.90 | 6.35 | 7.86 | 180.94 | 24.32 | 724.08 |
| SLF3-2/SLG3-2 | 565.68 | 26.35 | 5.70 | 9.66 | 80.65 | 23.66 | 537.14 |
| SLF3-3/SLG3-3 | 901.36 | 33.11 | 3.95 | 7.03 | 122.54 | 24.07 | 831.59 |
| SLF3(A)/SLG3(A) | 791.25 | 31.15 | 5.11 | 8.06 | 115.22 | 24.02 | 671.88 |
| SLF4-1/SLG4-1 | 341.40 | 14.32 | 2.50 | 4.30 | 16.77 | 25.40 | 264.37 |
| SLF4-2/SLG4-2 | 3989.50 | 33.50 | 5.04 | 10.01 | 25.94 | 25.57 | 1017.54 |
| SLF4-3/SLG4-3 | 2426.47 | 21.01 | 3.94 | 7.68 | 21.57 | 25.24 | 719.76 |
| SLF4(A)/SLG4(A) | 843.68 | 20.48 | 3.51 | 11.22 | 20.75 | 25.40 | 483.63 |
| SLF(A)/SLG(A) | 657.39 | 27.45 | 3.86 | 6.76 | 71.92 | 17.77 | 454.91 |
| B)Phyllite area | | | | | | | |
| PHF2-1/PHG2-1 | 394.46 | 45.72 | 21.77 | 10.33 | 11.81 | 25.24 | 381.54 |
| PHF2-2/PHG2-2 | 544.65 | 45.76 | 20.78 | 14.01 | 25.55 | 24.82 | 451.36 |
| PHF2-3/PHG2-3 | 506.52 | 74.09 | 25.72 | 12.16 | 12.91 | 25.15 | 555.21 |
| PHF2(A)/PHG2(A) | 472.63 | 52.32 | 22.55 | 11.99 | 14.98 | 25.07 | 451.46 |
| PHF3-1/PHG3-1 | 699.60 | 38.53 | 20.42 | 15.01 | 11.03 | 26.90 | 571.57 |
| PHF3-2/PHG3-2 | 510.78 | 45.71 | 23.14 | 11.65 | 15.10 | 26.40 | 557.08 |
| PHF3-3/PHG3-3 | 825.04 | 67.78 | 31.28 | 16.45 | 41.85 | 2.48 | 648.07 |
| PHF3(A)/PHG3(A) | 651.71 | 47.76 | 24.13 | 14.06 | 16.55 | 6.40 | 589.80 |
| PHF4-1/PHG4-1 | 264.24 | 59.71 | 25.49 | 2.30 | 23.06 | 1.67 | 341.91 |
| PHF4-2/PHG4-2 | 318.92 | 50.94 | 23.77 | 2.41 | 23.84 | 16.85 | 414.10 |
| PHF4-3/PHG4-3 | 275.97 | 60.75 | 22.72 | 2.97 | 13.14 | 16.85 | 363.18 |
| PHF4(A)/PHG4(A) | 284.79 | 56.75 | 23.92 | 2.53 | 18.46 | 4.22 | 370.92 |
| PHF(A)/PHG(A) | 469.71 | 52.28 | 23.53 | 9.53 | 16.66 | 11.90 | 470.73 |
| C)Granite area | | | | | | | |
| GRF2-1/GRG2-1 | 395.57 | 13.73 | 23.06 | 2.05 | 6.47 | 26.65 | 715.49 |
| GRF2-2/GRG2-2 | 414.92 | 22.11 | 45.71 | 3.57 | 10.93 | 26.40 | 944.94 |
| GRF2-3/GRG2-3 | 520.05 | 18.71 | 39.26 | 3.33 | 8.17 | 26.65 | 1018.35 |
| GRF2(A)/GRG2(A) | 437.02 | 17.49 | 33.12 | 6.02 | 8.14 | 26.56 | 872.25 |
| GRF3-1/GRG3-1 | 486.75 | 30.50 | 40.34 | 2.06 | 9.70 | 25.65 | 442.62 |
| GRF3-2/GRG3-2 | 303.64 | 18.40 | 26.75 | 1.30 | 6.57 | 25.98 | 244.39 |
| GRF3-3/GRG3-3 | 226.33 | 14.63 | 21.15 | 0.95 | 7.32 | 25.24 | 250.30 |
| GRF3(A)/GRG3(A) | 307.62 | 19.34 | 27.49 | 1.30 | 7.68 | 25.62 | 289.71 |
| GRF4-1/GRG4-1 | 177.74 | 13.02 | 20.59 | 3.35 | 9.64 | 27.98 | 217.38 |
| GRF4-2/GRG4-2 | 498.21 | 11.42 | 45.44 | 6.53 | 4.22 | 27.98 | 523.88 |
| GRF4-3/GRG4-3 | 202.21 | 11.68 | 32.43 | 3.88 | 4.27 | 1.63 | 193.75 |
| GRF4(A)/GRG4(A) | 238.77 | 12.00 | 29.64 | 4.23 | 5.18 | 4.35 | 257.45 |
| GRF(A)/GRG(A) | 327.81 | 16.28 | 30.08 | 3.85 | 7.00 | 18.85 | 473.14 |

#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.

배로, 가장 큰 차이가 Lu에서, 가장 작은 차이가 La에서 나타났고, 3년생의 경우 5.22-11.89배로, 가장 큰 차이가 Ce에서, 가장 작은 차이는 Eu에서 나타났다. 전체적으로 2년생에서 3년생으로 나이가 들수록 비율의 차이가 커져, 토양과 인삼의 조성차이가 3년생이 2년생에 비해 컸음을 암시한다.

3) 타 지역 동일 연생 별 비교

타 지역 동일 연생 별 비교에서 2년생의 경우 높은 비율이 세일 지역의 Na, 천매암 지역의 Al, Mn, Ca, 화강암 지역의 Mg, K, Ti에서, 낮은 비율이 세일 지역의 Al, Mg, Ca, K, Ti, 화강암 지역의 Mn, Na에서 나타났다. 3년생의 경우 높은

비율이 세일 지역의 Al, Na, Ti, 천매암 지역의 Mn, Ca, 화강암 지역의 Mg, K, Ti에서, 낮은 비율이 세일 지역의 Mg, 천매암 지역의 K, 화강암 지역의 Al, Mn, Ca, Na, Ti에서 나타났다.

4년생의 경우 높은 비율이 세일 지역의 Al, Ca, Na, K, Ti, 천매암 지역의 Mn, 화강암 지역의 Mg에서, 낮은 비율이 세일 지역의 Mg, 천매암 지역의 Ca, K, 화강암 지역의 Al, Mn, Na, Ti에서 나타났다. 2, 3, 4년 공히 높은 비율이 세일 지역의 Na, 천매암 지역의 Mn, 낮은 비율이 세일 지역의 Mg, 화강암 지역의 Al, Mn, Na에서 나타났다.

요 약

연구 결과는 아래와 같다.

풍화토양의 경우 대부분 원소가 세일 지역이 낮고, 천매암 및 화강암 지역에서 높았다. 상관계수에서 화강암 지역이 더욱 많은 원소에서 정 및 부의 상관관계를 보였다.

밭토양의 경우 천매암 및 화강암 지역이 높았고, 세일 지역은 낮았다. 연생별 비교에서 세일 지역의 4년, 천매암 지역의 2년, 화강암 지역의 3년생 토양이 높았다. 연생이 증가함에 따라 정의 상관관계가 증가하였다. 동일 연령이라도 세일 지역에 비해 천매암 지역이 정의 상관관계가 증가하였다.

인삼의 경우 평균값에서 높은 원소 및 낮은 원소 함량이 화강암 지역에서 나타났다. 연생별 원소 함량에서 2, 3년생이 낮고, 4년생이 높은 원소가 많았다. 세일 지역은 2, 4년생이, 천매암 및 화강암 지역은 4년생에서 높았다.

상관계수에서 2, 4년생은 정의 상관관계가 세일 지역이 우세하였고, 3년생의 경우는 화강암 지역이 우세하였다. 평균값의 경우 화강암 지역이 우세하였고, 세일 지역이 약하였다. 암상에 관계없이 평균값을 포함한 3 지역 모두, Al-Ti 쌍에서 정의 상관관계를 보였다.

타 지역 동일 연생별 성분 비교에서 화강암 지역은 연생이 증가함에 따라 높은 함량의 원소가 많았다. 상대 비에서 2년생은 화강암 지역이, 3년생과 4년생에는 세일 및 지역이 천매암 지역이 높은 함량을 보였다.

풍화토와 밭토양의 관계에서 전체 풍화토가 화강암 지역 쪽에서 높음을 암시한다. 세일 지역에서 천매암, 화강암 지역으로 갈수록 1 이상을 보이는 원소가 많아 세일 지역에 비해 화강암 지역에서 풍화토가 높았다.

토양과 인삼의 성분과의 관계에서 연생에 관계없이 3 지역 공히 평균값에서 전 원소가 인삼보다 토양이 높음을 암시하고, 연생에 관계없이 인삼보다 토양이 Al, Ti는 수 백 배 이상, Mn은 수 십 배 이상 높았다.

동 지역내 연생 차이별 비교(밭토양/인삼 함량)에서 지역별 원소 별 차이가 있었으나 공히 밭토양이 인삼보다 Al, Ti는 수 백 배, Mn은 수 십 배 차이를 보였다.

타 지역 동일 연생 별 비교에서 2, 3, 4년 공히 높은 비율이 세일 지역의 Na, 천매암 지역의 Mn, 낮은 비율이 세일 지역의 Mg, 화강암 지역의 Al, Mn, Na에서 나타났다. 즉 토양과 인삼 성분 차이가 세일 지역의 Na, 천매암 지역의 Mn에서 크고, 세일 지역의 Mg, 화강암 지역의 Al, Mn, Na에서 작았다.

인용문헌

1. 정헌배, 고성군, 박성훈, 조순현, 임병옥 : 주요 국가들의 인삼 소비 실태와 인식에 대한 조사. *고려인삼학회지* 29(3), 152-158 (2005).
2. 박채규, 전병선, 양재원 : 고려 인삼의 화학성분. *식품산업과 영양* 8(2), 10-23 (2003).
3. 최용의, 정재훈 : 인삼 생물 공학 기술의 최근 동향과 이를 이용한 식품소재 응용. *식품 산업과 영양* 8(2), 24-29 (2003).
4. 이부용 : 국내 인삼 산업 현황 및 새로운 인삼 제품 개발 전망. *식품 산업과 영양* 8(2), 1-9, (2003).
5. 한강완, 이일호, 박현석 : 인삼에 대한 칼리 사용효과. *고려인삼연구소 인삼연구보고서*, 90-96 (1978).
6. 이태수, 김명수, 홍순근 : 석회류체의 사용이 엽연형 황증발 생 억제에 미치는 영향. *고려인삼학회지* 14(1), 44-49 (1990).
7. Alina, K.-P. and Henryk, P. : Trace Elements in Soils and Plants, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 315 pp (1985).
8. 이용규, 송석환 : 금산지역 토양의 화학적 특성과 토양수의 주요 용존 성분. *한국환경관리학회지* 8(4), 443-449 (2002).
9. 송석환, 강영립, 김일출 : 금산의 화강암 및 함탄질 세일 지역 토양내 식물체의 중금속 함량. *한국자원식물학회지* 18(2), 251-259 (2005).
10. 민일식, 송석환, 김명희 : 경상북도 안동 사문암 지역의 모암, 토양 및 식물체의 중금속 함량. *한국환경생태학회지* 13(3), 288-294 (1999).
11. 최석원, 임영풍 : 의약환경 지구화학. 도서출판 춘광 (1996).
12. 김옥준 : 충주, 문경간의 옥천계 층서와 구조. *광산지질* 1, 35-46 (1968).
13. 손치무 : 옥천층군의 지질시대에 대한 토론. *광산지질* 3, 3-4 (1970).
14. 홍승호, 최위찬 : 금산도폭. 자원개발 연구소, pp. 32 (1978).
15. 이진수, 전효택, 김경웅 : 충주 지역 흑색세일 분포지역에서의 잠재적 독성원소들의 분산과 부화. *자원환경지질* 29(3), 495-508 (1996).
16. 전효택, 정명채 : 함 우라늄 흑색세일에서의 유독성 원소들의 분산에 대한 지구화학적 연구. *광산지질* 24(3), 245-360 (1991).

17. 송석환, 이용규, 민일식 : 금산 인삼의 전이원소 특성. *한국자원식물학회지* **16**(1), 25-33 (2003).
18. 송석환, 민일식 : 금산 지역 토양별 인삼내 비호정성 원소 특성. *고려인삼학회지* **28**(1), 52-59 (2004).
19. 이종화, 남기열, 최강주 : 고려인삼의 부위별 년근별 성분함량에 관한 연구. *한국식품과학학회지* **10**(2), 263-268 (1978).
20. 이종화, 심상철, 박훈, 한강완 : 고려인삼의 부위별 무기성분 분포 및 상관관계. *고려인삼학회지* **4**(1), 55-64 (1980).
21. 장진규, 이광승, 권대원, 오현근 : 고려인삼의 부위별 성분함량. *고려인삼학회지* **11**(1), 84-89 (1987).
22. 고성룡, 최강주, 김현경, 한강완 : 인삼속 식물의 일반성분, 무기성분, 아미노산 및 유리당 함량 조성. *고려인삼학회지* **20**(1), 36-41 (1996).
23. 이종화, 박훈, 이정명 : 고려인삼의 부위간 화학성분 분포 및 상관관계. *한국농화학학회지* **22**(1), 99-106 (1980).
24. Hoffman, E. L.: Instrumental neutron activation in geoanalysis. *J. Geochemical Exploration* **44**, 297-319 (1997).
25. 송석환, 유선균, 김일출 : 충남 금산의 인삼 및 토양의 무기 원소 함량 비교. *한국자원식물학회지* **20**(1), 12-21 (2007).
26. 송석환, 민일식, 유선균, 이용규 : 금산 인삼과 토양의 희토류 원소 함량 관계. *고려인삼학회지* **30**(1), 31-40 (2006).