



## 토양 중 무기원소와 인삼의 성분과의 관계

### Relationships between inorganic elements of the soils and contents of the ginsengs

송석환

중부대학교 토목공학과 교수

Prof. Suckhwan Song  
Dept of Civil Engineering

#### 1. 서언

본 연구는 다양한 지질환경에서 재배되고 있는 식물들의 무기 성분 함량이 각 암석의 풍화 산물인 토양에서 차이에서 유래된 이화학적 특성 차이에 영향을 받으며 따라서 최종적으로 각 식물체의 무기원소함량이 차이를 보이고 있음에 대한 아이디어가 인간의 건강에 관련시킬 수 있는지에 대한 가능성에 대해 알아보고자 함이다. 여기에 언급된 대부분의 내용은 중국학자 임연풍이 저술하여 최석원과 김억수(1996)에 의해 번역된 의학환경지구화학의 내용이다. 이 책에서는 중국의 각 지역을 포함한 세계의 사례들을 포함하며, 지질환경, 암석, 토양, 물 환경이 사람의 건강과 어느 정도 관련성이 있음을 언급하고 있다. 이런 아이디어를 한국의 지질 특성 차이에 따라 특수한 무기성분의 약초의 재배가 가능하고, 따라서 각 무기성분의 과다 및 과소의 섭취로 인해 인간의 건강상 영향이 주어 질 수 있을 가능성이 있는지에 대해 토의 해 보고자 한다.

#### 2. 이론적 배경

1950년대 페르만은 경관 지구화학경론에서 지구화학환경과 인류 건강과의 문제를 다루었고 이 저자의 영향을 받은 임연풍은 1968년 이래 지구화학 환경과 인류 건강과 관계된 연구를 시작하였다. 그는 지구화학적 요소가 인류 건강에 영향을 끼치고 있음을 발견하고 지구화학과의 학이 관련 있음을 저서 의학환경지구화학에서 다양한 사례를 근거로 제시하고 있다.

지질환경과 인류의 건강 문제 연구는 약 2000 년경도 있었는데 중국의 진·한나라 때에 편찬되었다고 전해지는 의서인 황제내경에 나타나 있다. 『황제내경』중 하나인 「소문」을 주해한 책에서는 기후, 수토(水土) 인자와 건강과의 관계를 기록하고 있다.

신농본초경에는 광물로 만든 약제 40 여종을 기록하고 있다. 이 책은 백성들이 의료 실천을 통하여 얻은 약물학 성과를 진한 시기에 총결된 것으로서, 각 광물의 생산지, 성질, 기능 등에 상세히 설명하고 있는데, 광물 중 유황,

Corresponding author : Suckhwan Song, Ph.D  
Civil Engineering, Joongbu University  
Tel: 010-3409-9313  
E-mail: shsong60@naver.com

수는 광석, 양기석 등의 용도에 대해서도 언급하고 있다.

위, 진 남북조시대 진나라 장화가 지은 박물지는 땅, 산, 생산물, 풍속, 물고기와 벌레, 약재에 대한 이론 등 다양한 기록이 풍부하게 언급하고 있다. 이 책은 지리, 산수, 풍물과 종족 등을 총 10권 38항목으로 나누고, 세계의 진기한 사물을 기록한 백과사전이다. 이 책에서는 원인을 증명하지는 못했지만 “산속에 사는 사람들은 목덜미에 흠이 많다”라고 언급하고 있다.

당시대 육우의 다경이란 책에서는 지방성 갑상선과 식수는 서로 관계가 있다고 하였다. 또한 산수, 석회암 지대의 샘물, 석각수, 천천히 흐르는 물은 좋은 물이고, 폭포수, 급하게 흐르는 소용돌이 치는 여울물은 경부에 질병이 생긴다고 하였다. 이 다경은 세계 최초의 다서로서, 당대의 차 생활을 여실히 기록하고 있는데, 차에 관한 최고의 경전으로 꼽힌다.

본초강목에서 “사람은 지역 물산, 자원과 산천의 기상과 상호 유통이 있고, 미추 수명의 장단이 서로 관련이 있으며, 돌과 나무는 수토의 특성에 따른다” 라고 하였다. 이 책은 중국 명나라 때의 본초학자 이시진이 엮은 약학서로, 52권이며 1596년에 간행되었다. 약용으로 쓰이는 것을 자연분류를 주로 하여 분류하였으며, 총계 1,892종의 약재가 망라되어 있다.

### 3. 지질환경과 건강

BC 4 세기, 그리이스 히포크라테스는 <공기, 물, 토양에 관하여> 책에서 환경과 질병과의 관계에 대해 논하고, 환경 요소가 인류 건강에 끼치는 영향에 대해 언급하였다.

송대 호자의 저서 어은총화(漁隱叢話)는 온천을 5 가지로 분류 하고 각각의 효능에 대해 설명하였다. 즉 유황온천, 옹황온천( $As_2S_3$ ), 백반온천, 주사 온천(HgS), 비석 온천( $As_2$ )으로서 온천의 화학 분류라 볼 수 있다. 이는 지질환경 차이를 근거로 한 분류로서, 각 지질환경의 차이에 따라 유래된 온천의 특징이 차이가 있음을 언급하고 있다.

17세기 Chatin은 지방성 갑상선 종양과 수토안의 요오도 결핍이 관계 있음을 설명하였고, 1916년 Black Mckay는 반상치가 불소의 함량이 높은 식수와 관계가 있다 했다.

1916년 Bernadskij는 생물의 화학 원소와 지각의 화학원소 사이에 상관관계가 있다고 주장했고, 1964년 Warren등은 지질환경과 미량원소와의 건강문제에 대한 연구를 하였다.

1974년 Cargo는 <의학지질>에서 지화학적으로 소량의 원소들과 인체의 건강 문제와의 관계에 대해 토의하였다, 1965년 Schroeder는 <미량원소와 인간>이란 책에서 생물원소의 주기율, 지구화학 환경, 화학원소와 생물의 진화 관계에 대해 설명하고, 미량원소와 건강의 문제에 대해 토론하였다. 지속적인 연구를 통해 모종의 미량원소를 이용하여 진단하고 치료하는 등의 문제에 대해 토론하였다.

Hamilton(1973)은 영국인 혈액 내에서 60 여종의 원소 농도를 측정하고, 동시에 지각 중의 60 여종의 농도와 비교하여 양자간에 현저한 관련성이 있다는 것을 발견하였다. 이것은 생물체와 지화학 환경 사이에는 화학 물질 교환 및 평형 관계가 있다는 것을 나타내는 것이다.

여전히 논쟁이 진행 중에 있지만 많은 연구들은 특정 지역의 질병들과 식수 중의 특성 원소 함량과의 관계를 암시하고 있다.

식수내의 무기원소와 대골절병과의 관계에 대한 연구를 통해 Hobchiev(1950-1960) 등은 대골절병이 발견되는 지역의 식수내 무기원소인 Fe, Ca, Sr, F, Pb와 기타 방사성 동위원소가 존재함을 확인했고, Ovcharenko(1958-1960)은 Cu, Pb, Zn, Ni, Ag 함량이 비교적 높으며, 이러한 원소들이 병을 일으킬 수 있음을 언급했다. Konstantinov(1975)는 대골절병의 분포가 광상과 관련이 있으며, 병구 지역 내 식수는 Ca함량이 낮고, Sr이 높으며, Ag, Pb, Zn, Mo, Mn 등 금속 원소 함량이 높아, 이들 원소 특성이 병의 원인이 될 가능성이 있음을 제시했다.

식수의 경도와 심혈관병의 관계에서 Schroeder(1960)는 미국에서의 심혈관병 사망률이 식수의 경도와 반비례함을 발견했고, Masironi(1964, 1979) 등은 미국, 영국, 스위스 네덜란드, 핀란드, 캐나다 등에 대한 연구를 통해 심혈관병 사망률이 식수 경도 간에 현저한 반비례 관계가 있다고 발견했다.

암의 분포와 병인 연구에서 Hariland(1868)는 잉글랜드 웨일즈 지역의 위암 분포가 지형, 암석의 성질과 관계가 있다고 보았고, Stock (1930) 는 웨일즈 지역 암의 분포가 지역적으로 차이가 있음을 발견했다. Voison(1959)은





저서 <토양, 초지의 암>에서 지구화학의 입장에서 위암의 원인과 발병원인을 논술하였다.

기타 병으로서 지방성 불소중독, 지방성 갑상선 종양은 잘 알려진 생물 지구화학 지방병으로, 이들 병의 특징은 분포가 넓으며, 피해가 크고, 식수와 밀접한 관계가 있음도 알려져 있다. 일부 지역에 분포하기는 하지만 비소 중독, 셀레늄 중독, 몰리브덴 중독, 카드뮴 중독 등은 생물 지구화학적 지방병이라 부를 수도 있다.

중국 장춘 지질과학원에서 1968년 이래로 의학환경지구화학에 대해 종합적인 고찰을 진행해 왔다. 중국 각 성의 질병, 즉, 극산병, 대골절병, 암, 지방성 갑상선 종, 지방성 불소 중독, 지방성 비소 중독, 가사병 및 기타 생물 지구화학적 지방병 등의 자료가 포함되고 있다.

이 들을 근거로 의학환경지구화학의 이론 체계가 확립되었다. 이 학문은 하나의 새로운 환경 과학이다. 광범위한 실천의 기반위에서 형성되어 발전된 것으로, 유사 이래의 많은 자료들을 참고 하였으며, 현대의 환경 지학, 환경화학, 환경 생태학과 관련된 이론과 방법을 통합하였고, 수리 통계 등을 이용하여 정리 하였다. 이 학문은 크게는 지구화학환경으로부터, 작게는 화학원소의 단위까지이며, 인류의 건강과 관련된 문제를 해결하고자 함이다.

이 저서에 따르면 천연원소 중 적어도 35 종은 인체에 결핍 되거나 과잉 될 수 있으며, 인체에 유입되면 생물 지구화학적 지방병이나 중독성 질환을 야기할 수 있다고 했다. 질병의 종류로 심혈관 계통, 뇌혈관 계통, 내분비 계통, 신경 계통, 소화 계통, 골치 계통, 생식 계통, 결체 조직, 세포 조직 등이 포함된다.

인위적인 오염 또는 자연적으로 지표면의 물과 토양(수토) 환경하에서는 각종 유기물이 존재 할 수 있다, 예로 고분자 취합류, 화학 시약, 화학 농약, 유기 합성 염류 들이 있으며, 이 물질들이 인체에 흡수 되면, 심장 중독, 간장 중독, 신장 중독, 신경 중독 혹은 유기체의 대사 장애를 일으키거나 암을 일으킬 수 있다.

#### 4. 지질환경 중 각종 원소의 이동

지질환경 중 원소의 이동, 농집, 분포의 특성이 인류

건강에 관련이 있음은 명확하다. 특정원소가 강하게 이동하는 지역은 인류가 원소의 결핍으로 질병을 일으킬 수 있고, 원소가 농집된 지역에서는 원소 과잉으로 병을 유발할 수 있다. 원소는 공기, 물, 생물을 통해 이동이 가능하다. 이 중 물 이동 원소는 이온, 착이온, 분자, 교질 등의 상태로 천연수 중 에서 이동되며, 중요한 원소로 Cl, Br, I, S, Ca, Mg, Na, F, Sr, Zn, Cu, Ni, Co, V, Mn, Si, P, K 등이 있다. 풍화각(풍화 물질로 덮여 있는 바위 테의 윗부분)에서 원소의 이동 경향이 아래에 있다.

암석 광물 중 각종 화합물의 천연수 중에서 용해도는 원소의 이동 능력에 좌우된다. 각종 화합물의 용해도 정도는 두 가지 요인에 따라서 결정되는데, 하나는 원소의 이온 반경, 원자가, 화학결합 등의 물리화학적 성질과 같은 원소 자체의 성질이고, 그 외에 물의 온도, 압력, 농도, pH 및 Eh 등의 환경 매체가 있다.

이온 결합을 하는 광물은 공유 결합 광물에 비해 더욱 쉽게 용해된다. 이온 결합광물로 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, MgSO<sub>4</sub>, 공유 결합 광물로 FeS, PbS, CuS가 있다. 이온 결합형 광물의 용해도는 이온 반경이 증대되고, 원자가가 내려감에 따라 증가 한다. Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>는 쉽게 용해되고, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>는 용해되기 어렵다. Mg, Ca, Sr, Ba, Al, Sc, Y, La, F 화합물은 용해가 잘 일어나지 않으나, Li, Na, K, Rb, Cs, F 화합물은 쉽게 용해되는 성질이 있다.

천연수의 pH는 원소의 이동 능력에 영향을 준다. pH < 6 일때 Ca, Sr, Ba, Ra, Cu, Zn, Cd, Cr<sup>3+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> 등 원소는 쉽게 용해성 물질을 형성하여 물의 흐름에 따라 이동한다. pH < 5 일때 Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Co<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Bi<sup>8+</sup>, Sn<sup>2+</sup>, Th<sup>4+</sup>, Zr<sup>4+</sup>, Sb<sup>3+</sup>, Sc<sup>3+</sup> 등 원소는 천연수 중에 화합물의 형식으로 침전된다. pH 가 8 일 때는 수산화물로 침전할 수 없어 용액 중에 존재하는데 이들 원소로 Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>,

표 1. 풍화각 중 원소의 이동 순서

원소의 이동	성분	이동값의 순서 지수
아주강함	Cl, Br, I, S	2n, 10
강함	Ca, Na, Mg, K	n, 10
활동적	Si(규산염), P, Mn	n, 10 <sup>-1</sup>
약함	Fe, Al, Ti	n, 10 <sup>-2</sup>
아주 약함	SiO <sub>2</sub> (석영)	n, 10 <sup>-x</sup>

표 2. 음료수 수질과 건강과의 관계

질병 종류	발병율이나 사망률이 비교적 높은 음용수 성분	지역	발병율이나 사망률이 비교적 낮은 음용수 성분	지역
심혈관병	Ca총경도, pH가 낮음	미국 동부 연해, 오대호 지역	Ca총경도, pH가 높음	미국 중서부, 각주
불소 중독	고 F	세계 각국	저 F	세계 각국
신장결석	고 F, 저 Ca, Mo	인도	적당한 F, Ca, Mo	인도
고혈압, 동맥경화	고 SiO <sub>2</sub>	일본	저 SiO <sub>2</sub>	일본
지방성 갑상선종	저 I, 고 Ca	세계 대 산맥, 석회암 분포 지역	고 I, Ca, Mg, Mn	평원, 연해 지구, 아건조 초원

Zn<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Y<sup>3+</sup>, La<sup>3+</sup>가 있다. pH>8의 경우는 Cr<sup>6+</sup>, Se<sup>6+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, V<sup>5+</sup>, As<sup>5+</sup> 등 원소의 화합물은 활성을 가지고 쉽게 이동이 된다.

지표 환경 중에서 Na, K, Ca, Rb, Cs, Sr 등 알칼리성 토양원소는 수산화물이 생성되지 않아, 침전이 되지 않으며, 어떤 pH 환경 중에서도 쉽게 용해 이동된다. 아래에 음용수수질과 건강과의 관계에 대해 재고 해 보았다.

### 5. 토양 중 일부 원소와 건강 영향과 관계 사례

리튬(Li)은 주로 각종 규산염 광물에 농집된다. 낮은 용해도로써 천연환경에서 리튬농도는 낮다. 신경에 대한 억제 작용이 높기 때문에 우울증을 유발 시킬 수 있고, 부족하면 신경이 지나치게 흥분하여 광조증을 유발 시킬 수 있다.

베릴륨(Be)은 규산염 광물 속에서 흔히 발견이 되는 원소이다. 이 광물은 독성이 커 소량이라도 피부와 체내 점막에 손상을 줄 수 있다. 폐기종, 폐렴을 일으키며, 심한 경우 죽음에 이르게 된다. 동물 실험 결과 돌연변이와 발암작용을 일으킬 수 있고, 암을 일으키는 금속원소로 확인 되었다.

불소(F)는 30여종 광물에서 나타난다. 인체의 필수 원소로서 적당량은 뼈, 치아의 성장, 유기체의 정상대사에 유익하다. 하지만 지나친 양의 불소는 생식선, 부신, 취장의 분비를 억제하는 작용을 한다. 과량의 불소는 불소반점치아를 유발시킬 수 있다.

나트륨(Na)과 칼륨(K)은 자연계에서 함량이 비교적 높고, 분포가 넓은 편이다. 조성세포의 중요한 양이온으로

세포의 정상구조와 기능을 유지하는데 중요한 작용을 한다. 칼륨은 부족하면 저혈칼륨증을 유발하며, 과량시는 중독을 일으켜 수족마비, 구역질이 발생하고 최후에는 사망으로 이르게 된다. 나트륨은 과잉시 뇌출혈의 발생을 가져올 수 있다.

### 6. 용탈수와 식물의 이화학

인류는 생존을 위해 물을 마시고 토양에서 채소와 곡식들을 생산한다. 먹고 마시는 것은 사람의 명맥을 유지 시키는 피할 수 없는 부분이다. 산업화가 되기 전에는 각 지역의 사람들은 태어난 곳을 지키며, 영농활동을 하며, 수확한 농산물을 먹고, 각 지역의 지하수를 식수로 하여 살아 왔다. 이런 사회환경에서 여러 변수들이 있을 수 있기는 하지만 각 지역 사람들의 건강, 질병 들은 각 지역에서 먹고 마시는 문제와 연관이 될 수 있었다.

이런 지역 사람들의 건강과 질병들의 원인은 각 지역의 특정한 광물을 포함하는 지질 특성의 차이와 관계가 있다고 볼 수 있고, 이들로부터 토양 중 용해되는 원소들의 정도와 관련이 있다.

모든 육상 식물이 뿌리를 내리고 있는 지질환경에서 토양수는 물리·화학·생물적인 작용과 영양분의 용매로서 중요한 역할을 하며 증산, 투수, 증발, 유출 등에 의하여 영향을 받는다. 토양수는 여러 가지 요인에 의해 토양 내에서 이동하게 되는데, 토양수 이동에 가장 큰 영향을 미치는 작용은 투수작용이다. 투수작용은 중력에 의해 물이 토양 내에서 하향으로 또는 측방으로 이동하는 작용을 말한다.

우수가 토양 중에 침투하는 과정에서 지표면에서





모양을 구성하는 광물과 우수는 물-광물 반응을 거쳐 토양 광물 중 화학 성분을 용액 상태로 유출 시킨다. 이렇게 토양 중에 침투한 물에 용해된 가용성 성분이 용액의 상태로 표층에서 하층으로 이동하거나, 또는 토양 단면 외부로 제거되는 과정을 말하며 용탈되는 물을 용탈수(leachate)라 한다.

이런 용탈수를 토양 중에 뿌리를 내리고 있는 모든 육상 식물들은 섭취하며 생존한다.

## 7. 결론

기존 일부 연구들은 고려 인삼이 재배되는 토양과 인삼의 성분과의 관계에 대해 언급하고 있다. 즉 토양별로 지질구성 암석의 차이로 다른 광물 조합을 보이며, 따라서 광물화학적 성분 차이를 보이고, 이에 따라 용탈수의 화학 성분은 차이를 보일 수 있다, 이 결과 각 지질차이를 보이는 토양에서 성장하는 인삼의 무기성분들은 차이를 보일 것이고, 인간의 건강에 주는 정도도 차이를 보일 것이다.

따라서 기존 연구들의 재고로서 암시 되듯이 인삼의 약리학적 효능을 향상시키기 위해서는 토양의 이화학적 특성 차이를, 특정한 무기성분을 가진 인삼의 생육과 연관시켜 접근할 필요가 있다고 확신한다.