



작았고, 천매암 지역에서 차이가 컸다.

또한 인삼의 부분별 비교에서 지역에 관계 없이 토양의 원소 함량과 인삼의 지상부의 원소 함량 차이가 크고, 지하부 차이가 작아, 인삼의 지하부가 토양의 성분에 좀 더 가까움을 암시했다. 즉 기 일부 연구들은 토양의 원소함량과 물성이 인삼의 생육에 영향을 주고 있음을 암시한다. 본 원고에서는 토양 특성이 인삼에 주는 영향을 알아보기 위해, 토양 중 유입되는 침출수의 화학적 특성과, 토양을 구성하는 매질의 특성의 두 가지 관점으로 접근을 하고자 한다.

## 한국의 지질

한국의 지질은 크게 선캄브리아기의 경기육괴와 영남 육괴, 고생대로 추정되는 옥천대, 중생대의 경상계, 제 3기의 포항, 어일, 울산 분지 등이 있다. 이들 지역을 화강암류가 주로 관입하고 있다.

경기육괴와 영남 육괴는 편마암 및 편암이 주로 분포하고 규암, 대리암, 석회 규산염암, 각섬암 등도 산출이 된다. 옥천 층군은 삼척-제천간의 북동부를 옥천비변성대, 제천-전주간의 서남부를 옥천 변성대로 분리하고, 전자를 조선누층군으로, 후자를 옥천누층군으로 구분하여 설명하기도 한다.

조선누층군은 변성퇴적암류 및 쇄설성 퇴적암류로 구성 되어 있다. 즉 역암, 사암, 실트암, 석회암, 셰일, 천매암, 석탄, 또는 이회암, 슬레이트, 돌로스톤, 규암 등과 같은 쇄설성 퇴적암 및 으로 구성 되어 있다.

옥천 누층군은 변성사질암 및 이질암과 같은 변성퇴적암류, 함력층, 변성염기성암, 산성화 화성암류로 구성되어 있다. 변성이질암으로 점판암, 천매암, 셰일 등이 있고, 이곳에 무연탄 층이 협재 되어 있다.

경상분지는 쥐라기 말과 백악기 초의 육성퇴적층과 화산암류와 화산쇄설성 퇴적암의 호층으로 구성되며, 후기 백악기 내지 제3기 초기의 산성암류로 구성 되어 있다. 육성 퇴적층으로 역암, 사암, 실트암, 셰일 등이 있고 이에 협재된 함탄층이 있다. 화산암류와 화산쇄설성 퇴적암암류로 안산암, 유문암질 석영안산암, 유문암 및 석영 안산암의 용암, 응회암 및 용결응회암, 그리고 이에

협재된 퇴적암(주로 화산기원) 등이 있다.

신생대층은 동해안과 서해안을 따라 여러 지역에 소규모로 분포한다. 동해안 지역에는 영해, 포항, 울진 퇴적 분지가 분포한다. 이들 분지의 신생대층은 미고결 사암과 이암, 화산암류 및 응회암으로 구성되며, 다양한 화석이 풍부하게 산출된다.

한반도에서는 화성활동은 선캄브리아 누대의 화강암류, 트라이아스기의 송림 변동에 수반된 송림화강암류, 주라기의 대보조산운동에 수반된 대보화강암류, 그 밖에 백악기 중기에서 제 3기초에 이르러 있었던 불국사화강암류로 크게 4분류된다.

가장 넓은 분포 면적으로 보이는 화강암류는 쥐라기 화강암류로서 남한 전체 지역에 넓게 분포되어 있다. 그 다음으로 백악기에서 제3기의 암체인데 이 암체는 옥천대 중부 지역과, 경상계 지역에 분포하고 있다. 특히 트라이아스기 암체는 옥천대, 영남육괴, 경상계 일부 지역에 산점상으로 분포하고 있다. 선캄브리아기 암체들은 경기육괴, 영남육괴, 옥천대 지역에서 발견이 된다.

한반도의 화산암은 중생대의 중성 내지 산성화산암류와 신생대의 현무암의 분출로 크게 구분된다. 중생대의 중성 내지 산성화산암류와 신생대의 현무암의 분출로 크게 구분된다. 중생대 백악기 화산암류는 주로 경상분지와 옥천대 내 및 주변지역에 분포한다. 제3기 후기와 제4기의 화산활동은 제주도, 울릉도, 철원-전곡 일대, 포항분지의 구룡포 일대 등에서 일어났다. 제주도의 화산암류는 대부분 현무암류이며, 중성암 및 산성암에 해당하는 조면암류는 한라산 정상 부근 주변에 소량으로 분포한다.

## 암석과 광물 특성

지구상에서는 수천 종의 광물들이 존재한다. 모든 암석들은 다양한 광물 조합으로 구성 되어 있다. 각 광물들은 다양한 결정구조를 보이고, 각 광물의 결정 구조에 유사한 크기를 가지는 원소들이 서로 치환을 이루며, 최종적으로 특정 광물의 화학 조성은 다른 것들과 차이를 보인다.

대표적인 3 암체의 야외 산상 및 현미경하의 특징을 보여 준다. 화강암은 야외 산상에서 황토색을 보이며, 풍화토는



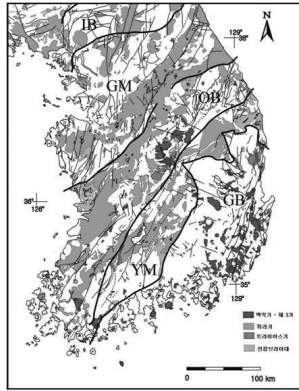


그림 2. 화강암 분포 사진

모래로 구성된 마사토의 특성을 보인다. 혈암은 흑녹색을 보이고 풍화토는 실트 및 점토로 구성되어 있다. 천매암은 노두에서 재 결정된 운모류를 보이고, 풍화토에서는 판상의 운모류 광물들을 흔히 보인다.

경하에서 화강암은 중립에서 조립의 광물들로 구성되어 있고, 무색광물로 석영, 사장석, 미사장석, 정장석을, 유색광물로 흑운모를 포함한다. 혈암은 세립의 광물로 구성되어 있고, 흑운모, 녹리석을 주로 포함하고, 석영, 사장석 등을 부수적으로 포함한다. 천매암은 세립에서 중립의 광물로 구성되어 있고 무색광물로 석영, 사장석, 정장석을, 유색광물로 흑운모를 주로 포함한다.

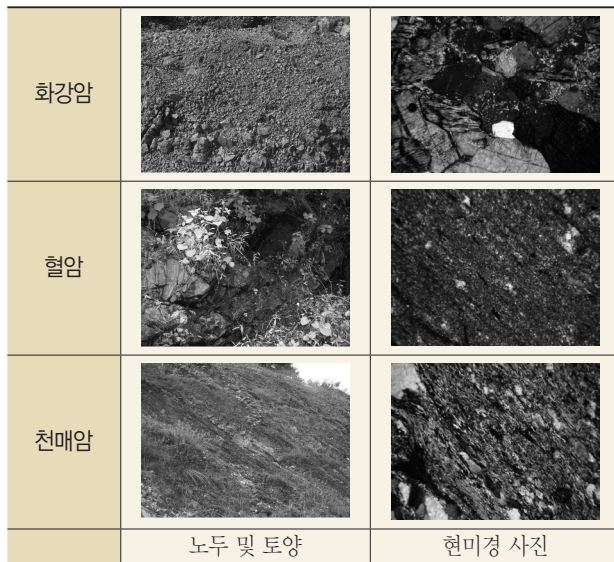


그림 3. 대표적인 야외 노두와 현미경 사진

표 1. 대표 광물과 구조식

광물	구조식
감람석	$(Mg, Fe^{2+})_2SiO_4$
휘석	$(Ca, Na)(Mg, Fe^{3+}, Al)(Si, Al)_2O_6$
각섬석	$A_{2-3}B_5(SiAl)_8O_{22}(OH)_2$ , (A=Mg <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> 혹은 Na <sup>+</sup> , B=Mg <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> 혹은 Al <sup>3+</sup> )
백운모	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(F, OH)_2$ , or $(KF)_2(Al_2O_3)_3(SiO_2)_6(H_2O)$ .
흑운모	$K(Mg, Fe)_3AlSi_3O_{10}(F, OH)_2$
사장석	$NaAlSi_3O_8 - CaAl_2Si_3O_8$
알칼리장석	$KAlSi_3O_8 - NaAlSi_3O_8$
석영	$SiO_2$

표 2. 원소들의 치환관계

치환관계	가능 광물
Ni - Mg <sup>2+</sup>	감람석, 휘석, 각섬석
Cr - Fe <sup>3+</sup>	흑운모, 휘석
Co - Fe <sup>2+</sup>	각섬석, 흑운모
Sc - Fe <sup>2+</sup>	휘석, 각섬석, 흑운모,
V - Fe <sup>3+</sup>	휘석, 각섬석, 흑운모, 자철석
Sr - Ca, Na	사장석, 알칼리 장석
Ba - K	알칼리 장석, 운모
Li - Mg	흑운모, 각섬석, 휘석
Nb - Ti, Fe <sup>3+</sup>	휘석, 각섬석, 흑운모
Y - Ca	인회석, 저어콘, 석류석, 사장석, 각섬석

대표적인 광물들의 화학 구조식과 치환원소관계를 정리해 보았다. 앞에서 언급 했듯이 각각의 광물들은 독특한 결정구조를 보이고, 각 광물의 결정 구조 내에 유사한 크기를 가지는 원소들이 서로 치환을 이루며, 다양한 화학 조성을 보인다.

예로 감람석은  $(Mg, Fe^{2+})_2SiO_4$  구조식을 보이고, Mg<sup>2+</sup> - Ni, Fe<sup>2+</sup> - Co 또는 Sc와 치환을 하여 감람석을 많이 포함하는 암석에서는 Ni, Cr, Sc 함량이 높다. 사장석은  $NaAlSi_3O_8 - CaAl_2Si_3O_8$  구조식을 보이고, Ca, Na-Sr 로 치환 특성을 보여 사장석을 많이 포함하는 암석에서는 Sr 함량이 높다. 흑운모는  $K(Mg, Fe)_3AlSi_3O_{10}(F, OH)_2$  구조식을 보이고, Fe<sup>2+</sup>-Co, Fe<sup>3+</sup>-Cr, V, K-Ba 와 치환 구조를 보여 흑운모를 많이 포함하는 암석에서는 Co, Cr, V, Ba 함량이 높다.

지화학적 차이와 인삼의 성분과 관계

아래에 국내에 대표적인 암석들의 화학 분석치들을 정리해 보았다. 흑색혈암은 La, Ce, 섬록암은 Ba, Sr, Zr, 각섬암은 Cu에서 높았고, 화강암은 Co, Sc, Zn 함량에서 낮았다.

혈암과 같은 퇴적 기원 암석의 미량원소 특징은 퇴적

표 3. 대표적인 암석들의 미량원소 함량

	흑색혈암	화강암	섬록암	반려암	각섬암
Ni	62.2	75.2	40	39.8	11
Cr	73.2	176.8	52.5	130.4	119.2
Co	17.8	5	11.25	25.2	64.2
Sc	13.62	4.2	7.25	25.2	31.6
V	127.6	7.6	89.75	187	0
Zn	31.04	45.4	85	87.4	104.4
Cu	22.8	7.2	9.25	37.8	125.8
Li	0	2.2	0	24.4	0
Nb	0	5.2	13.25	5.2	21
Rb	150.6	92.2	113	0	24.8
Ba	679.4	1442	1572	719.6	339.2
Sr	92.6	184.8	695.75	521.6	389.2
Y	23.6	16.6	13	24.2	31
Zr	141	19.2	354.5	47.2	50.8
La	56.4	44.6	41.925	22.8	26.84
Ce	82.4	82.2	76.35	42.8	59.6
Nd	31.18	31.8	34.925	21.8	32.48
Sm	4.74	4.3	6.025	4.16	6.64
Eu	1	0.88	1.9	0.98	2.3
Dy	0	2.42	3.25	2.1	5.94
Yb	1.84	1.2	1.15	2.9	2.9

자료: 흑색혈암 : 송석환 외, 1997, 금산 대성탄광지역 산성폐수에 의한 오염, 자연환경지질학회, 30(2) 105-116.  
 화강암 : 권치순 1988 대전-공주간에 분포하는 화강암류의 미량원소함량과 그 지구조적 고찰, 지질학회지, 24/특별호, 147-162.  
 각섬암 : 나기창 외, 2004, 중부 경기육괴와 동남부 옥천변성대의 각섬암에 대한 지화학적 비교 연구, 암석학회지, 13(4), 201-213.  
 반려암 : 김정빈외, 1996, 벌교 지역에 분포하는 심성암류의 암석화학과 지질시대에 대한 연구, 지구과학회지, 17(3), 227-240.  
 섬록암 : 김관영 외, 2007, 춘천 오타리에 분포하는 각섬석 반려암-섬록암 복합체의 성인, 지질학회지, 43(4), 437-452.

표 4. 대표적인 암석들의 미량원소 함량 도시

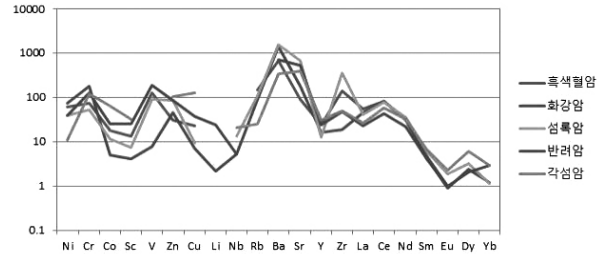
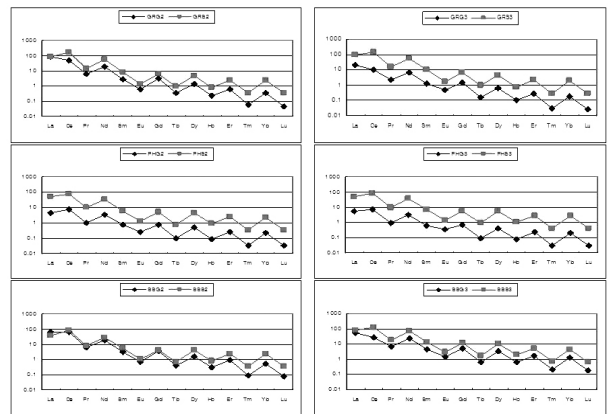


표 5. 금산 지역 인삼과 토양의 원소 함량 관계



물질내의 광물 조성, 흡수특성, 퇴적물이 퇴적 될 당시의 중금속 농도, 기질에 좌우 된다. 일반적인 점토 및 셰일은 금속이온의 흡수 능력 때문에 비교적 많은 원소 함량을 갖는다. 특히 금산지역과 같은 흑색세일은 금속 및 금속류인 Ag, As, Cd, Cu, Pb, Mo, U, Zn 등에 대해 높은 함량을 보인다. 이들 암석을 형성시키기 위한 퇴적물은 중금속의 흡착체로서, 미생물의 기질로서 작용한다.

기존 연구에서 금산 지역의 화강암, 혈암, 천매암 지역의 토양에서 채취된 2, 3생의 인삼의 희토류 원소 성분과의 관계를 고려 해 보았다. 아래와 같이 토양의 성분은 인삼보다 높았으나, 토양성분의 증감에 따라 인삼의 성분도 증, 감되고 있음을 보여주고 있다. 즉 이 결과는 인삼의 성분의 토양의 성분에 의해 영향을 받음을 암시한다.

기존 연구에서 금산 지역의 화강암, 혈암, 천매암 지역의 토양에서 채취된 2, 3, 4생의 인삼의 전이원소와 진생노사이드 성분과의 상관 관계를 고려 해 보았다. 아래와 같이 일부 원소의 경우 특정 전이원소와 진생노사이드 사이에 정 및 부의 상관관계를 보여주고



표 6. 대표적인 암석들의 미량원소 함량

	Ni	Cr	V	Zn	Pb	Rg2	Rg1	Re	Rb2
Cr	0.953								
V	0.998	0.933							
Zn	-0.598	-0.813	-0.549						
Pb	0.986	0.889	0.994	-0.456					
Rg2	0.234	-0.073	0.291	0.64	0.392				
Rg1	-0.327	-0.024	-0.382	-0.562	-0.479	-0.995			
Re	-0.98	-0.874	-0.99	0.428	-0.999	-0.42	0.506		
Rb2	-0.903	-0.991	-0.876	0.884	-0.82	0.206	-0.11	0.801	
Rb1	-0.941	-0.999	-0.919	0.834	-0.872	0.109	-0.012	0.856	0.995

있다. 즉 이 결과는 인삼의 성분의 토양의 성분에 의해 영향을 받음을 암시한다.

## 토양의 물성

인삼이 재배된 토양의 물성이 인삼의 생육에 영향을 줄 수 있다. 토양의 물성에 대해 알아보고 이들 요인들이 인삼의 생육에 줄 수 있는 영향들에 대해 알아 보았다.

### 1) 공극률

토양 및 암석과 같은 지질 매질은 다공질 물질의 특성인 공극(빈틈새)을 가지고 있으며, 이런 다공질물질의 특성을 나타내는 양을 공극률(porosity)이라 한다. 이 공극률은 다공질 물질 안에서 물질의 전체 체적 중 개공(開孔)되어 있는 기공체적이 차지하는 비를 말하며, 전체 부피(고체 부피와 간극 부피의 합, V)에 대한 간극 공간의 부피(V<sub>p</sub>)의 비((V<sub>p</sub>/V)×100%) 로 표시된다. 미고결

표 7. 퇴적물의 공극률

구성물질	공극률(%)
점토	33-60%
실트	35-50%
빙력토	10-20%
모래와 자갈의 혼합물	20-35%
분급이 양호한 모래 및 자갈	25-50%

Cohen (1965), MacCray and Lambert (1962)

물질에서 공극률은 입자의 패킹(packaging) 정도, 입자의 형태(shape), 입도분포(grain size distribution) 등 크게 3가지 매질의 특성에 따라 영향을 받는다. 공극률은 입도분포에 따라 변하는데, 동일한 패킹 정도에서 입자의 크기가 다양한 경우가 입자의 크기가 일정한 경우에 비해서 공극률이 상대적으로 낮다.

대표적인 퇴적물의 공극률이 아래에 있다. 일반적으로 점토 및 실트 등은 모래 및 자갈의 공극률보다 높은 값을 보인다. 이는 풍화된 토양이 점토 및 실트질이면 모래나 자갈로 구성된 토양보다 공극에서 많은 물을 포함할 수 있음을 암시한다. 즉 화강암의 풍화토는 모래로 구성되어 있고, 혈암의 풍화토는 실트 및 점토로 구성되어 있는 바 모암이 혈암인 토양은 화강암인 토양보다 공극에서 많은 물을 포함할 수 있음을 암시한다. 즉 많은 강우량이 있을 때 혈암의 풍화토 지역은 화강암 풍화토 토양에 비해 토양 중 더욱 많은 수분을 포함할 수 있음을 암시한다.

### 2) 비산출율과 비보유율

비산출율은 포화된 암석으로부터 중력에 의해 배수되는 물의 체적을 말한다. 토양에서 물 분자는 표면 장력 때문에 달라 붙어 있는데 이를 흡착수라 한다. 중력이 광물 입자에 작용하면, 피막의 일부가 아래로 떨어지는데, 떨어지지 않고 남아 있는 피막은 보다 큰 표면 장력을 받아 계속 얇아져서 결국 중력에 의한 응력과 표면 장력은 평형을 이루게 된다. 중력 배수는 수분함량이 비산출율과 같아질 때까지 계속된다.

일반적으로 두 시료의 공극률이 같은 경우 한 시료의

표 8. 비산출율 %

물질	최대		평균
	최대	최소	
점토	5	0	2
모래질 점토	12	3	7
실트	19	3	18
세립모래	28	10	21
중립모래	32	15	26
조립모래	35	20	27
자갈질모래	35	20	25
세립자갈	35	21	25
중립자갈	26	13	23
조리자갈	26	12	22

평균입경이 다른 것보다 작다면 세립일수로 표면적이 커지게 되어 흡착수가 증가되어 더 많은 물을 보유할 수 있다.

입석 및 토양 중 중력 배수에 의해 저항하여 보유할 수 있는 물체적의 비율을 비보유율이라 한다. 비산출율과 비보유율의 합을 공극율이라 한다. 비보유율은 입자 크기가 작아 짐에 따라 증가 한다.

물질별로 보면 점토 및 실트는 비산출률이 평균값에서 10이하로 20이상의 값을 보이는 모래와 차이가 있다. 즉 모래는 점토 및 실트보다 중력에 의해 지중으로 배출되는 물 체적이 두 배 가량 높음을 암시한다.

즉 모래로 구성된 화강암의 풍화토는 실트 및 점토로 구성된 혈암의 풍화토보다 지중으로 배출되는 물 체적의 비율이 높음을 암시한다. 즉 일반 강우시 화강암 풍화토 토양은 혈암 풍화토 지역에 비해 지중으로 더욱 많은 수분을 배출시킬 수 있음을 암시한다

3) 수리전도도

암석이 물을 보유할 수 있는 능력과 함께 물을 이동시킬 수 있는 능력은 지하수 중의 수문특성을 이해하는 데 매우 중요한 부분이다. 공극율이 큰 제주도 현무암은 공극들이 연결된 간극이 적어 물을 잘 전달할 수 없다. 점토와 세일은 공극은 많으나 공극의 크기가 너무 작아 물이 암석을 통해 흐르기가 어렵다. 프랑스 공학자 H. Darcy는 다공질 매체를 통과하는 물의 운동에 대한 연구를

수행했다. 즉 다공질 매체를 통과하는 물의 유동율은 다공질 매체의 특성인 수리 전도도에 비례한다는 이론이다. 수리 전도도에 영향을 주는 요소로는 매질의 양끝 높이 차이, 단면적 및 유동길이 차이가 있다. 점토는 잘 분급된 모래보다  $10^{-6}$ - $10^{-5}$  낮은 수리 전도도를 보여 물을 전달할 수 있는 능력이 작음을 암시한다.

즉 모래로 구성된 화강암의 풍화토는 실트 및 점토로 구성된 혈암의 풍화토보다 공극을 통해 이동 시킬 수 있는 물의 양이 큼을 암시한다. 즉 일반 강우시 화강암 풍화토 토양은 혈암 풍화토 지역에 비해 더욱 많은 수분을 이동시킬 수 있음을 암시한다.

4) 토양의 물성과 인삼의 생육

위에서 언급한 지질특성 차이에 따른 토양의 물성 차이는 인삼의 생육에 영향을 줄 수 있다.

목 등(1981)은 토양수분이 인삼생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 토경Pot(1/2000cm)에 묘삼을 이식하여 토양수분함량별 지상부 및 지하부 생육상황, 근수량과 지상부 형질과의 상호관계를 조사하였다. 이 결과 인삼생육에 대한 토양의 적정수분 함량은 포장용수량의 65. 5%(절대수분 22.1%)였고 생육이 정지되는 토양수분 함량은 포장용수량의 31.5%(절대수분 10.7%)였다. 토양수분 함량이 적은 곳에서는 출아 및 전엽율이 상당히 지연되었으며 엽면적외 감소와 지상부 결주가 많아져 근수량이 현저히 감소되었다. 생근중(Fresh root weight)과 수분함량( $r=-0.80^{**}$ )간에 부의 상관관계가 있어 수분이 충분한 곳에서 자란 인삼은 조직이 치밀함을 나타내었다.

위 결과들은 모래로 구성된 화강암의 풍화토와 실트 및 점토로 구성된 혈암의 풍화토에서 생육된 인삼 특성에서 큰 차이가 있을 수 있음을 암시한다.

표 9. 비 압밀 퇴적물의 수리 전도도

물질	수리전도도(cm/sec)
점토	$10^{-9}$ - $10^{-6}$
실트, 모래질 실트, 점토질 모래, 빙력토	$10^{-6}$ - $10^{-4}$
실트질 모래, 세립모래	$10^{-5}$ - $10^{-3}$
잘 분급된 모래, 빙하 퇴적물	$10^{-3}$ - $10^{-1}$
잘 분급된 자갈	$10^{-2}$ -1

## 결론

토양 중 유입되는 침출수의 화학적 특성과, 토양을 구성하는 매질의 특성에 대해 재고 해 보았다.

토양성분의 증감에 따라 인삼의 성분도 증, 감되고 있음을 보여주고 있고, 토양의 성분에 영향을 받는 인삼 중 원소 함량과 진생노사이드 사이에 정 및 부의 상관관계를 보여주고 있다. 즉 이 결과는 인삼의 성분이 토양 성분에 의해 영향을 받음을 암시한다.

지질차이에 따라 풍화된 토양의 물성도 차이를 보이고, 특히 공극율, 비산출율과 비보유율, 수리전도도에서 차이를 보여 주고 있다. 이 결과 토양별로 포함된 수분이 차이가 날수 있음을 암시한다. 이로 인해서 토양 차이에 따라 인삼의 생육 정도에서 차이가 날수 있다

## 참고문헌

1. Applied Hydrogeology (4th Edition) 4th Edition, Wiley, 2005 by C.W. Fetter Jr.
2. 이인호, 육창수, 한강완, 박현석, 남기열 (1980) 인삼포지 토양특성이 인삼의 생육 및 수량에 미치는 영향. 고려인삼학회 4(2), 175-185.
3. 박훈, 최병주 (1983) 인삼의 무기성분 분배에 대한 토양 수분의 영향. 고려인삼학회 7(1), 74-79.
4. 고성룡, 최강주, 김현정, 한강완 (1996) 인삼속 식물의 일반성분, 무시성분, 아미노산, 및 유리당 함량 조성. 고려인삼학회 20(1), 36-41.
5. 남기열. 1980, 土壤水分이 人蔘生育에 미치는 影響. 한국토양비료학회, 13(1) 71-76
6. 목성균, 손석용, 박훈 1981, 토양수분 함량별 인삼의 근 및 지상부 생육. 한국작물학회지 26(1) 115-120.
7. 이성우, 박기춘, 이승호, 박진면, 장인복, 김기홍 (2013) 인삼 논재배에서 황증이 발생한 토양과 식물체의 무기성분 함량 특성. 한국약용작물학회지 21(4), 289-295.