

석회암 유래 토양의 침투 및 투수속도 평가에 따른 수문유형 분류

허승오^{*} · 정강호 · 손연규 · 하상건 · 김정규¹ · 김남원²

국립농업과학원, ¹고려대학교 환경생태공학부, ²한국건설기술연구원 수자원연구부

Classification of Hydrologic Soil Groups of Soil Originated from Limestone by Assessing the Rates of Infiltration and Percolation

Seung-Oh Hur,^{*} Kang-Ho Jung, Yeon-Kyu Sonn, Sang-Keun Ha, Jeong-Gyu Kim¹, and Nam-Won Kim²

Soil Management Division, National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

¹Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

²Water Resources Research Department, Korea Institute of Construction Technology, Gyeonggi-Do 411-712, Korea

Soils originated from limestone, located at the southern part of Kangwon province and Jecheon, Danyang of Chungbuk province are mainly composed of fine texture, and have different properties from soils originated from granite and granite gneiss, especially for water movement. This study was conducted for classification of hydrologic soil group (HSG) of soils originated from limestone by measuring the infiltration rate of surface soils and percolation rate of sub soils. Soils used for the experiment were 6 soils in total : Gwarim, Mosan, Jangseong, Maji, Anmi and Pyongan series. Infiltration and percolation rate were measured by a disc tension infiltrometer and a Guelph permeameter, respectively. Particle size distribution and organic matter content of the soils were analyzed. HSG, which was made by USDA NRCS(National Resources Conservation Service) for hydrology, of Gwarim series with O horizon of accumulated organic matter was classified as type A which show the properties of low runoff potential, rapid infiltration and percolation rate. HSG of Mosan series, which has high gravel content and very rapid permeability, was classified as type B/D because of the impermeable base rock layer under 50cm from surface. HSG of Jangseong series with shallow soil depth was classified as type C/D owing to the impermeable base rock layer under 50cm from surface. HSG of Maji series was type B, and HSG of Anmi series used as paddy land was type D because of slow infiltration and percolation rate caused by the disturbance of surface soil by puddling. HSG of Pyongan series having a sudden change of layer in soil texture was type D because of the slow percolation rate caused a the layer.

Key words: Hydrologig Soil Group, Infiltration, Lime Stone, Percolation Rate

서 언

일반적으로 석회암은 세립·괴상(blocky)의 무구조(structureless) 특성을 지닌 암석으로써 백색 또는 회색인데, 불순한 것은 암회색이나 흑색 등을 띠며, 비교적 pH가 높은 곳에서 탄산석회질의 껍데기를 분비하는 생물에 의해 침전 고정되거나 바닷물에서 직접적인 무기적 화학작용에 의한 침전으로 생성된 것이라 알려져 있다(Sonn et al., 2007). 그러나, 실제로는 그 작용과정이나 대량 침전이 왜 이루어졌는지에 대해서는 확실히 알려져 있지 않은 현실이며, 또한 석회

암은 화학적 퇴적암으로 분류되며 50% 이상의 탄산염을 함유하고 있다. 이러한 지질학적 특성을 지닌 석회암의 풍화로부터 유래된 토양은 주로 pH가 높아 염기성 특성을 보이며, 점토 및 철분함량이 많고, 식질계이며 염기포화도(base saturation)가 높은 적색토 특성을 나타낸다. 우리나라의 일반적 분포특성은 석회암에서 유래된 토양 단독으로만 분포하지는 않고 다른 암석으로부터 유래된 토양과 혼재되어 있으므로 풍화되어 토양이 되었을 때는 토성(soil texture)이 다양하게 나타난다. 이들 토양의 분포지역은 주로 강원도 남부(영월)와 충북 제천, 단양 등지로 면적은 약 213,191 ha이며, 전체 토양에서 차지하는 비중이 약 2.4%이다(ATI, 1992). 석회암 유래토양의 지엽적 분포특성과

접수 : 2009. 1. 28 수리 : 2009. 3. 5

*연락처 : Phone: +82312900336,

E-mail: sohur@rda.go.kr

식질계통 토양이라는 물리적 특성상 강우 이후 물의 이동과 재분포는 화강암이나 화강편마암 유래토양과는 다른 형태를 보이며 주 분포지역이 낙동강이나 남한강의 상류 쪽에 해당하므로 토양에서의 침투특성 해석과 그로 인한 토양의 수문유형 설정은 정확한 수자원량 산정을 위한 지표가 될 것이다(Jung et al. 2007; Misha and Singh, 2003). 따라서, 본 시험은 수자원량 산정에 도움이 되고자 석회암지대에 분포하고 있는 다양한 토양의 침투 및 투수속도 측정을 통해 한계 침투속도를 측정하고 그에 따른 토양종류별 수문유형을 설정하는 것을 목적으로 하였다.

재료 및 방법

대상토양 특성 석회암지대 유래토양은 16개 토양으로 분류되는데 Sonn et al. (2007)의 토양연접군(soil catena) 분류에 따르면 식양질과 식질 등의 세립질로 구성이 되어 있고, 모산, 평창, 평전, 울곡, 문경통을 제외한 대부분의 토양이 자갈이 있는 토양으로 분류된다. 본 시험을 위해 16개의 토양 중 과립통, 모산통, 장성통, 마지통, 안미통, 평안통의 6개 토양을 대상으로 표층의 침투속도 및 토양층위별로 투수속도를 측정했다. 장성·과립·안미·마지통은 식양질 계통으로, 모산·평안통은 식질계통으로 분류되고, 장성·과립·안미통은 자갈이 있는 토양으로서 장성통은 배수등급 매우양호로, 과립·안미통은 배수등급이 양호한 토양으로 분류되며, 과립통은 산림토양, 안미통은 논토양으로 분류된다. 역시 식양질 계통인 마지통은 배수양호한 밭토양으로서 자갈함량이 매우 많은 토양이다. 식질계통인 모산통은 다른 대상토양과는 달리 자갈이 없는 토양으로서 배수가 매우양호한 토양이다. 평안통은 식질계통으로서 배수가 양호한 밭토양이다 (Table 1).

침투 및 투수속도 토양학에서는 강우나 관개에 의한 물의 토양침투를 나타내는 용어를 구분해서 사용하는데 침투(infiltration)는 계(phase)가 다른 즉, 기체상인 대기로부터 고체상인 토양표면으로 물이 침투할 때 사용하는 용어이며, 투수(percolation rate)는 동일한 고체상인 토양단면 내에서의 물의 이동을 나타낼 때 사용하는 용어이다. 따라서, 토양에서의 물의

이동을 기술하기 위해서는 침투와 투수로 구분해서 사용해야 하며, 본 시험에서는 이를 측정하기 위해 원반형 장력 침투 측정 장치(DTI, disc tension infiltrometer)(Fig. 1)와 Guelphpemeameter(GPM)(Fig. 2)를 사용했다.

표토(A층)의 침투속도(infiltration rate) 측정 DTI(Fig. 1)는 현장에서의 침투속도를 측정하기 위한 장치로 수리전도도 예측 공식인 Gardner(1958)와 Wooding(1968)의 방정식을 사용했다. Gardner의 방정식은 매트릭 퍼텐셜(matric potential)과 포화수리전도도 값을 이용해 불포화수리전도도를 추정하는 모형으로서 다음의 식 (1)과 같다.

$$K(h) = K_{sat} e^{(\alpha h)} \tag{1}$$

여기서, K(h)는 불포화수리전도도(unsaturated hydraulic conductivity), K_{sat} 는 포화수리전도도(saturated hydraulic conductivity)이며, 단위는 $cm \cdot hr^{-1}$ 이다. α 는 거리 값의 역수 (cm^{-1})로 표현되는 파라미터 값이고 h는 매트릭 퍼텐셜(matric potential, cm)을 나타낸다.

토양으로 침투되는 물의 양, 불포화 수리전도도, DTI의 원반의 반경과 파라미터 값인 α 의 관계를 나타내는 Wooding의 방정식은 다음의 식 (2)로 표현된다.

$$Q = \pi \cdot r^2 \cdot K(h) \cdot \left[1 + \frac{4}{\pi \cdot r \cdot \alpha} \right] \tag{2}$$

여기서, Q는 토양으로 들어가는 물의 양($cm^3 \cdot hr^{-1}$)을 나타내며, K(h)는 불포화수리전도도($cm \cdot hr^{-1}$)를 나타낸다. α 는 거리 값의 역수 (cm^{-1})로 표현되는 파라미터 값이고 r은 DTI 원반의 반경(cm)이다.

식(1)의 불포화수리전도도를 (2)의 불포화수리전도도로 치환하면 다음의 식 (3)과 같은 식을 얻을 수 있다. 이 식은 침투되는 물의 양을 포화수리전도도와 매트릭 퍼텐셜의 함수로 나타내므로 현장에서 DTI로 측정된 물의 양과 매트릭 퍼텐셜의 관계를 통해 포화수리전도도 값을 구할 수 있으며, 이론적으로 한계 침투속도와 포화수리전도도 값이 같아지므로 계산된 포화수리전도도를 통해 한계 침투속도를 결정한다. 이렇게 결정된 침투속도는 측정 시에 물에 의한 공기의 포집 때문에 현장 포화수리전도도 (K_{fs} , field

Table 1. Soil series selected with soil catena for measurement of infiltration and percolation rate.

Soil catena [†]	Mountain and forest soil (3 series)	Paddy land soil (1 series)	Upland soil (2 series)
Limestone	Gwarim, Mosan, Jangseong	Anmi	Pyeongan, Maji

[†] This column shows the major mother rock of soil catena or the region located on or geological system.

saturation hydraulic conductivity)로 불리며, 그 값은 실험실에서 측정하는 포화수리전도도보다 작은 것이 일반적이다.

$$Q = \pi \cdot r^2 \cdot K_{sat} e^{(ah)} \cdot \left[1 + \frac{4}{\pi \cdot r \cdot \alpha} \right] \quad (3)$$

DTI를 사용함에 있어 주의할 점은 매트릭 퍼텐셜을 3단계 이상(일반적으로 3, 6, 12 cm) 주어야 하며 DTI에서 디스크로 물이 빠져나오는 기본 높이가 2~3 cm에 있으므로 최소 매트릭 퍼텐셜은 3 cm 이상이어야 한다는 것이다. 측정을 위해 표토에 고운 모래를 5-10 mm 깔아 DTI의 디스크가 측정 면과 공기가 통하는 부분이 없이 접촉이 잘 되도록 디스크를 설치해야 하며, 디스크는 측정 전에 물에 담가서 포화시켜 두어야 바로 측정이 가능하고, 측정본체(water reservoir와 bubbling tower)와 디스크가 수평을 이루고 있어야 한다. 또한, 본체와 디스크 사이의 연결튜브에 공기가 없도록 해주어야 하며, 디스크는 포화 전에 디스크를 감싸 주는 측정용 압력 막(membrane)을 접하지 않고 평평하게 디스크의 밑바닥과 밀착되도록 잘 감싸주어야 한다. 측정은 지름이 2.54 cm로 지름이 5.1 cm인 water reservoir보다 2.54 cm 작은 bubbling tower에서 수두(water head)를 유지해 주고, water reservoir에서 감소하는 수위를 읽고 기록하면 되는데, 시간에 따른 수위 감소를 기록하고 시간변화에 따른 수위감소가 일정해지면 측정을 멈추고, 다시 bubbling tower의 수위를 변화시키고 시간과 수위감소 측정을 반복하면 된다. 수위변화는 높은 퍼텐셜(12 cm)로부터 낮은 퍼텐셜(3 cm)쪽으로 퍼텐셜을 낮추어가며 측정을 진행한다.

토양 단면 내의(B층, C층) 투수속도(percolation rate) 측정 여러 층위(layer)로 구성된 토양 단면 내에서 물의 이동은 GPM(Fig. 2)을 이용해 측정했다. GPM은 오거홀(auger hole) 방식의 투수속도 측정 장치로

Reynold and Elrick(1985)의 모형을 이용해 침투속도처럼 현장의 포화수리전도도를 측정한다. Reynold and Elrick(1986)의 모형은 다음의 식 (4)와 같다.

$$K_{fs} = G_{10}Q_{10} - G_5Q_5 \quad (4)$$

여기서, K_{fs} 는 현장 포화수리전도도(cmhr^{-1})이고, G_i 는 각 수두에서의 상수, Q_i 는 각 수두에서의 투수량을 나타낸다.

GPM은 토양을 파괴하지 않고 토양 층위별로 측정해야 하기 때문에 먼저, 토양단면에 대한 층위구분을 실시해야 한다. 대표토양에 대한 층위구분은 한국토양총설(ATI, 1992)에 제시되어 있으므로 이를 참고해 토양 단면의 층위구분을 실시하고, 이를 바탕으로 측정을 실시할 층위와 깊이를 결정한다. 이때, 토양단면에 대한 분류특성이나 물리적 특성에 대한 기술이 첨가되면 투수에 대한 토양특성 분석에 유리하다. GPM은 측정시에 각 토양층위의 깊이에 맞게 오거를 이용해 원형 구멍을 파고, 투입관을 원형 구멍에 바닥이 닿도록 투입하고 가운데의 공기관(air tube)를 이용해 바닥으로부터 각각 5 cm와 10 cm의 수두를 주고 그때의 투수량을 측정하는데, 시간변화에 따른 투수량이 일정해질 때까지 측정 한다.

수문학적 토양유형 구분 수문학적 토양유형(HSG, hydrologic soil groups)은 미국 농무성(USDA, US department of agriculture)의 자연자원 보전국(NRCS, national resources conservation service)에서 토양의 수리특성을 수문학의 입장에서 보다 간편하게 접근하기 위해서 도입한 개념으로 물이 잘 침투할수록 강우유출이 적게 발생한다는 것을 기반으로 하여 물 유출이 적게 발생하는 조건에서 많이 발생하는 조건까지 4가지 유형으로 구분하고 있다(Table 2). HSG 분류는 강우의 직접 유출(runoff)을 산정하는데 매우 중요한 개념으로 유출산정의 기본이 되는 유출곡선지수



Fig 1. Disc tension infiltrometer (DTI).



Fig 2. Guelph permeameter (GPM).

(curve number)를 구하는데 활용된다(NRCS, 2007). 수문학적 토양유형을 구분 짓는 분류특성들은 포화된 상태의 침투속도, 투수속도, 토양깊이(soil depth), 불투수층 깊이(impermeable layer), 지하수위 등이 있다. 일반적으로 우리나라에서 사용하고 있는 배수등급에 의한 HSG의 분류(Jung et al., 1995)는 침투나 투수속도를 측정한 것이 아니기 때문에 정량적 자료라기보다는 정성적 자료라고 하는 것이 합당하다. 이러한 정성적 분류는 주관적인 판단에 영향을 받을 가능성이 있으므로 정량적인 특성으로 HSG를 분류해야만 한다. Mc Cuen(1982)은 HSG의 정량적 분류를 위해 한계 침투속도(limited infiltration rate) 자료를 바탕으로 HSG 유형을 A, B, C, D의 4등급으로 구분했다. 이러한 구분은 미국에 있는 4,000개 이상의 토양자료를 수

록하고 있는 DB(NEH-4)를 이용해 지표에 피복이 없고 토양이 최대 팽창한 상태에서(수분으로 포화된 상태에서), 강우강도가 침투속도를 초과할 때에 현장에서 수집된 자료를 기반으로 하고 있다. 그러나, Mc Cuen에 의한 분류는 한계 침투속도의 값이 최대 11.43 mmhr⁻¹로 제한이 되어 있어 그 이상의 침투속도를 나타내는 토양에 대해서는 분류를 할 수 없으며, 또한, 토양에 존재하는 불투수층이나 지하수위에 대한 고려가 부족하다. NRCS에서는 이를 보완하기 위해 새로운 분류유형을 작성했는데, 앞에서 언급한 4개의 유형에 지하수위와 불투수층의 유무를 더해서 Table 2(정성적 토양특성), Table 3과 4(정량적 분류 기준)와 같이 작성했다. 습한 토양이지만 배수가 적절히 이루어지고 있는 일부 토양을 대상으로 이중

Table 2. Soil properties of hydrologic soil group classified by USDA NRCS.

Hydrologic soil group	Soil properties
A	Low runoff potential when thoroughly wet Water is transmitted freely through the soil Less 10% clay and more than 90% sand or gravel Have gravel or sand textures Some soils having LS, SL, L, SiL textures may be placed in this group if they are well aggregated, of low bulk density, or contain greater than 35% rock fragments
B	Moderately low runoff potential when thoroughly wet Water transmission through the soil is unimpeded Between 10% and 20% clay and 50% to 90% sand Have LS or SL textures Some soils having L, SiL, Si, SCL textures may be placed in this group if they are well aggregated, of low bulk density, or contain greater than 35% rock fragments
C	Moderately high runoff potential when thoroughly wet Water transmission through the soil is somewhat restricted Between 20% and 40% clay and less than 50% sand Have L, SiL, SCL, CL, SiCL textures Some soils having C, SiC, SC textures may be placed in this group if they are well aggregated, of low bulk density, or contain greater than 35% rock fragments
D (A/D, B/D, C/D)	High runoff potential when thoroughly wet Water movement through the soil is restricted or very restricted Greater than 40% clay and less than 50% sand Have clayey textures In some areas, they also have high shrink-swell potential Some soils having C, SiC, SC textures may be placed in this group if they are well aggregated, of low bulk density, or contain greater than 35% rock fragments (Adequately drained wet soil placed in D based solely on the presence of a water table within 60 centimeters of the surface)

Table 3. Criteria for assignment of hydrologic soil group when an impermeable layer exists at a depth 50cm to 100cm.

Classification	Hydrologic Soil Group(HSG)			
	A	B	C	D
Saturated Hydraulic Conductivity (cm hr ⁻¹)	>14.40	3.61~14.40	0.36~3.61	0.36<
Depth to water impermeable layer (cm)	50~100	50~100	50~100	50>
Depth to high water table(cm)	60~100	60~100	60 100	60>

Table 4. Criteria for assignment of hydrologic soil group when any water impermeable layer exists at a depth greater than 100cm.

Classification	Hydrologic Soil Group(HSG)			
	A	B	C	D
Saturated Hydraulic Conductivity (cm hr ⁻¹)	>3.61	1.45~3.61	0.15~1.45	0.15>
Depth to water impermeable layer (cm)	>100	>100	>100	>100
Depth to high water table(cm)	>100	>100	>100	>100

(dual) 분류기호를 사용한 유형이 추가되어 있다 (Table 2). 이중유형 기호는 A/D, B/D, C/D로 나타내며 앞의 문자(A, B, C)는 배수조건을, 뒤의 문자(D)는 배수되지 않는 조건을 나타내고 있다. 본 연구에서는 위와 같은 분류를 바탕으로 토양통별 수문학적 토양유형을 나타냈다.

결과 및 고찰

측정을 실시한 대상토양의 특성은 각각의 토양통별로 다른데, 유기물 층이 존재하는 과립통의 모재는 석회암 잔적층으로 산악지에 분포하며, 반습 상태일 때도 푸슬푸슬하며 공극이 많고 토층 내에 나무 및 식물뿌리가 존재해 토양단면 전체적으로 침투 및 투수속도가 빠른 특성을 보이는데, 표토층인 A층에서의 침투속도(K_s)는 21.5 cmhr⁻¹로 대상토양들의 표층 침투속도 중 가장 빨랐으며 토양 단면 내에서의 투수속도도 각각 37.7, 26.7, 15.6 cmhr⁻¹로 토양들 중 가장 빠른 특성을 나타냈다. 이런 측정결과를 바탕으로 산림토양인 과립통은 토양의 수문학적 그룹이 A형으로 분류되었다. 모산통의 경우 모재는 석회암 잔적층으로 산악지 및 구릉지에 분포하며, 하부에는 미풍화 상태의 석회암 암반이 존재하며, 반습 상태일 때도 푸슬푸슬하고 토층 내에 자갈함량이 아주 높고 나무뿌리가 많이 존재해 투수속도가 다른 토양에 비해 월등히 빠른 특성을 보였는데, A층에서의 침투속도는 5.1 cmhr⁻¹로서 과립·장성통보다 작게 나타났는데, 이는 다량의 자갈함량과 입자분포에 있어 다른 토양들에 비해 입자의 크기가 큰 모래의 함량이 약 7%로 현저히 적은 것이 침투속도가 두 토양에 비해 떨어지는 요인일 것으로 여겨진다. 토양 단면 내의 층위인 B층에서의 투수속도는 62.5 cmhr⁻¹로 현장 포화수리전도도(K_{fs}) 값으로 표현되는 침투와 투수속도에서 가장 큰 값을 나타냈다. 토양의 깊이는 30 cm까지로 가장 얇은 토양이었던 모산통은 표층의 한계 침투속도만 구분하면 A 유형으로 분류할 수 있으나 토양의 깊이가 50 cm 미만에서 암반층인 불투수층이 나타나 실제 물 유출에 있어 토양의 침투특성과는 달리 나타날 것이므로 토양의 수문학적 유형분류는 Table 3에 근거해 B/D유형으로 분류했다.

토양의 깊이가 깊지 않은 편인 장성통은 석회암 잔

적층으로부터 유래했으며 구릉지나 경사가 매우 심한 산악지에 분포하고 석회암 암반층 위에 토양이 존재한다. 중 입상구조를 나타내는 이 토양 역시 반습 상태일 때도 푸슬푸슬하며 토층 내에 나무 및 식물뿌리가 많고 암석노출지가 존재해 침투속도가 빠른 특성을 나타내는데, 표토에서의 자갈함량은 28.8%로 많은 편이고 현장에서의 침투속도 측정결과는 21.4 cmhr⁻¹로 표층에서의 침투속도가 과립통 다음으로 빨랐지만 이 토양 역시 토양깊이가 깊지 않고 암반층이 지표면 50 cm 이내에 존재해 수문학적 토양유형은 C/D형으로 분류했다.

자갈이나 잔돌이 많은 마지통은 석회암 봉적, 층적층으로부터 유래했으며 선상지나 산록경사지에 분포한다. 중 입상구조 특성을 보이며 토층 내에 작물 뿌리가 있고 잔자갈이 존재하는 토양으로, 침투 및 투수속도는 Ap층이 1.7 cmhr⁻¹, A층이 1.8 cmhr⁻¹, B층이 13.3 cmhr⁻¹로 나타났다. 불투수층인 암반층이 존재하지 않고 지하수위도 100 cm 이내로는 나타나지 않기 때문에 Table 4에 나타난 포화수리 전도도를 기반으로 분류해 볼 때 수문학적 토양유형은 B유형으로 분류했다.

논으로 사용되는 안미통은 다른 석회암 유래토양에 비해 토층이 깊은 편이며 석회암 층적층에서 유래된 토양으로 선상지 및 곡간지에 분포한다. 관개된 상태에서 로타리 작업에 의해 표토의 특성이 교란되는 논으로 이용되는 특성 때문에 침투 및 투수속도는 비교적 느린 특성을 나타내는데, A층은 0.2 cm·hr⁻¹로 약간느린 포화수리전도도 특성을 보였으며, AB층은 0.1 cmhr⁻¹, BA층은 0.01, Bw층은 0.001 cmhr⁻¹를 나타내 토양 전체적으로 느린 포화수리전도도 특성을 나타내고 있다. 따라서, 이 토양의 수문학적 토양유형은 지하수위가 100 cm 이내에 존재해 Table 3으로부터 D유형으로 분류할 수 있다. 잔돌이 존재하는 평안통은 석회암 봉적, 퇴적층으로부터 유래된 토양으로 산록경사지 및 선상단구에 분포하며 표토층인 A층에서 중 입상구조를 보이며 공극이 많고 작물뿌리가 매우 많아 침투속도는 빠르나 B층에서는 점토 함량이 감소했다 증가하면서 토성이 급격히 바뀌는 특성을 나타내 투수속도는 느린 값을 보이고 있다. 이 토양의 침투속도는 6.8 cmhr⁻¹로 비교적 빠른 토양에 속하지만 BA층에서의

Table 5. HSG and physical properties of soil originated from limestone.

Soil Series	Soil Layer	Soil	Depth	Measurement Depth	Soil Texture	Sand	Silt	Clay	OM	Gravel	Kfs [†]	HSG
		----- cm -----		cm		%	%	%	%	%	cmhr ⁻¹	
Gwarim	O	0	5	0	L	36.1	47.5	16.4	9.2		21.5	A
	A	5	25	20	L	36.1	47.5	16.4	3.7		37.7	
	B	25	40	35	L	44.5	38.8	16.7	3.1		26.7	
	C	40	100	60	SL	57.1	31.9	11.0	1.2		15.6	
Mosan	A	0	8	0	SiCL	6.9	57.3	35.8	3.2	54.1	5.1	B/D
	B	8	30	15	SiC	6.4	50.4	43.2	0.3		62.5	
Jangseong	A	0	20	0	SiL	20.9	53.9	25.2	3.5	28.8	21.4	C/D
	B	20	50	30	CL	25.5	47.1	27.4	2.3		3.1	
Maji	Ap	0	10	0	SiL	25.1	55.7	19.2	3.4	12.3	1.7	B
	A	10	20	15	SiL	25.1	55.7	19.2	3.4		1.8	
	B	20	50	25	L	38.0	42.8	19.3	1.9		13.3	
Anmi	A	0	15	0	CL	32.3	34.0	33.7	0.2	21.4	0.2	D
	AB	15	25	23	SiL	16.4	58.7	24.9	1.5		0.1	
	BA	25	55	50	SiCL	19.4	52.9	27.7	1.0		0.01	
	Bw	55	100	70	SiCL	7.1	63.9	29.0	0.7		0.001	
Pyeongan	A	0	15	0	SiCL	19.4	43.5	37.1	1.6		6.8	D
	BA	15	35	25	SiL	15.4	58.0	26.6	0.7		0.2	
	Bt	35	50	50	CL	29.4	32.4	38.2	0.2		0.01	

[†] Field saturated hydraulic conductivity

투수속도는 0.2 cmhr⁻¹, Bt 층에서의 투수속도는 0.01 cmhr⁻¹로 갑자기 느려지는 특성을 나타내고 있다. 이는 입자분포가 층위별로 뚜렷하게 대별되어 토성이 급격히 바뀌는 특성이 반영되어 있는 것으로 여겨지며, 토양의 수문학적 유형은 토층별 급격한 포화수리전도도 차이와 100 cm 이내로 나타나는 지하수위 특성 때문에 D로 분류하는 것이 적합할 것이다.

요 약

강원도 남부(영월)와 충북 제천, 단양 등지에 널리 분포하는 석회암에서 유래된 토양은 점토 및 철분함량이 많은 식질계 토양이며 pH와 염기포화도(base saturation)가 높은 붉은색 토양이다. 이 토양은 식양질과 식질 등의 세립(細粒)질로만 구성되어 있고 자갈이 있는 토양으로 분류된다. 따라서, 토양의 침투 및 투수속도가 우리나라 토양의 주 모재인 화강암이나 화강편마암 유래 토양과는 다른 양상을 보인다. 본 연구는 세립질 특성을 보이는 석회암 유래 토양의 지표면에서의 침투속도와 토양층위별 투수속도를 측정해 복잡하게 세분되어 있는 토양의 종류를 수문학적 목적에 따라 단순화하기 위해 만든 수문학적 토양 유형으로 분류하고자 하였다.

실험을 위해 이용된 토양은 과림, 모산, 장성, 마지, 안미, 평안의 6개 토양통이었고 장력 침투계(disc

tension infiltrometer)와 투수속도 측정계(Guelph permeameter)로 침투 및 투수속도를 측정했다. 현장 측정 이후 토양층위별로 시료를 채취하여 실험실조건에서 입도분포, 유기물함량을 측정했다. 토양통별 침투 및 투수속도를 측정한 결과는 유기물 층이 존재하는 과림통은 공극이 많고 토층 내에 나무 및 식물뿌리가 존재해 전체적으로 침투 및 투수속도가 빠른 특성을 보여 수문유형을 A로 분류하였다. 모산통은 토층 내에 자갈함량이 아주 높고 투수속도가 다른 토양에 비해 월등히 빠른 특성을 나타냈으나 50 cm이내에서 암반층이 존재하는 관계로 수문유형이 B/D로 분류되었다. 토층이 깊지 않은 장성통은 토층 내에 나무 및 식물뿌리가 많고 암석노출지가 존재해 침투속도가 빠름에도 불구하고 C/D 수문유형으로 분류됐다. 자갈이나 잔돌이 많은 마지통은 잔자갈이 존재하고 침투나 투수속도가 빠른 편으로 B유형이었다. 논으로 사용되는 안미통은 다른 석회암 유래토양에 비해 토층이 깊은 편이며 석회암 층적층에서 유래된 토양으로 선상지 및 곡간에 분포한다. 관개된 상태에서 로타리 작업에 의해 표토의 특성이 교란되는 논으로 이용되는 특성 때문에 침투 및 투수속도는 느려 D유형으로 분류됐다. 잔돌이 존재하는 평안통은 석회암 봉적, 퇴적층으로부터 유래된 토양으로 산록경사지 및 선상단구에 분포하며 표토층인 A층에서 중 입상구조를 보이며 공극이 많고 작물뿌리가 매우 많아 침투속

도는 빠르나 B층에서는 점토 함량이 감소했다 증가하면서 토성이 급격히 바뀌는 특성을 나타내 투수속도는 느린 값을 나타내 수문학적 토양유형은 D유형으로 분류됐다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원 (과제번호: 2-2-3)에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

ATI. 1992. Korean Soil Introduction. Agricultural Technique Institute, Suwon, Korea

Gardner, W.R. 1958. Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. *Soil Sci.*, 85:228-232.

Jung J.H., S.P. Jang, H.I. Kim, Y.T. Jung, K.S. Heo, and H. Park. 1995. Classification of hydrologic soil group for estimation of runoff rate. *Korean Journal of Agricultural Engineering*. 37:12-33.

Junh K.H., S.O. Hur, Y.K. sonn, C.W. Park, S.K. Ha, and S.J. Jung.

2007. Classification of hydrologic soil group using permeability measurement data. Workshop for effective use of hydrologic soil group. National Institute of Agricultural Science & Technology Press, Suwon, Korea

Mc Cuen, R.H. 1982. A Guide to Hydrologic Analysis using SCS Methods. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, USA.

Reynolds W.D., and D.E. Elrick. 1985. In-situ measurement of field saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the alpha-parameter using the Guelph permeameter. *Soil Sci.* 140:292-303
Ground Water Monitoring Review 6:84-95.

Mishra .S.K.. and V.P. Singh. 2003. Soil conservation service curve number methodology. Kluwer Academic Publishers.

NRCS. 2007. Part 630 Hydrology National Engineering Handbook 210-VI, Chapter 7 Hydrologic Soil Groups, National Resources Conservation Service, USDA.

Sonn, Y.K., S.O. Hur, M.C. Seo, S.J. Jung, B.K. Hyun, and K.C. Song. 2007. Pattern classification of standard catchments with soil catena characteristics. Workshop for effective use of hydrologic soil group. National Institute of Agricultural Science & Technology Press, Suwon, Korea

Wooding, R.A. 1968, Steady infiltraion from a shallow circular pond, *Water, Resour. Res.*, 4:1259-1273