

Classification of Anthropogenic Soil “Ingwan” Series

Yeon-Kyu Sonn, Hyun-Jun Cho, Byung-Keun Hyun, and Kook-Sik Shin*

National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

(Received: October 12 2015, Revised: October 22 2015, Accepted: October 22 2015)

Korean soil classification system is based on the US soil taxonomy. This study aimed to understand and inform the soil taxonomy of 2010 and 2014 US soil classification systems. Ingwan series belonged to anthropogenic soil was classified to coarse loamy over sandy, mixed, mesic family of Aquic Udorthents based on the soil taxonomy of 2010 and coarse loamy over sandy, mixed, mesic family of Anthroportic Udorthents based on the soil taxonomy of 2014. An anthropogenic soil is increasing in Korea. Considering the domestic relationship depending on US soil taxonomy, it is important to be well-informed of the taxonomy and apply the updated taxonomy system properly to the domestic soil classification. This study of defining the anthropogenic soil will provide useful information on soil management and its utilization.

Key words: Soil Taxonomy, Anthropogenic soil, Soil classification

Two different classifications of "Ingwan" soil.

Classification method	Classification results
Soil taxonomy 2010	coarse loamy over sandy, mixed, mesic family of Aquic Udorthents
Soil taxonomy 2014	coarse loamy over sandy, mixed, mesic family of Anthroportic Udorthents

*Corresponding author : Phone: +82632382427, Fax: +82632383822, E-mail: sks999@korea.kr

§Acknowledgement : This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ010866012015)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

Introduction

미국의 신토양분류법인 soil taxonomy는 1965년부터 개발되기 시작하여 7차 시안까지 거치는 동안 많은 토양학자들의 관심을 모아 1975년에 토양분류법이 발간 배포되기 시작하였다. 어떤 특정한 사물을 분류한다는 것은 대상 사물의 특성을 쉽게 기억하게 하고 서로 비교를 쉽게 할 수 있게 함으로써, 인간이 그 사물을 이용 또는 관리하는데 도움을 줄 수 있다. 따라서 분류방법은 체계적이고 객관적이어야 하며 쉽게 이용할 수 있어야 한다 (Jung, 1996). 이러한 토양분류법에 따라 분류를 하기 위해서는 토양조사 (Soil survey)가 선행되어 현지답사를 통해 형태적 특성을 구분하고, 채취한 토양의 분석을 통해 이화학적 특성을 분석하여야 한다. 현재 국내에서 공식적으로 사용되고 있는 토양조사 방법은 미국의 soil taxonomy 방법을 따르고 있으며 현지 육안 관찰에 의한 토양조사, 토양의 이화학적 분석에 따른 분류, 지도에 경계를 작도하는 작업, 토양의 변화양상을 예측하여 이것을 토대로 토지이용 등을 평가하거나 예측하는 것이 기본적인 내용이다.

토양의 분류에는 생성학적 특성을 기준한 체계적 분류 (Taxonomical classification)와 실용적 분류 (Practical classification) 또는 해석적 분류 (Interpretative classification)로 구분된다. 이러한 토양조사 결과는 토양해설 (Soil interpretation)의 과정을 거쳐, 일반화해야 사용자가 쉽게 활용할 수 있다 (Sonn et al., 2008).

인위토양은 인위적 영향을 받아 단기간에 형성된 토양으로 불연속적인 층위를 가지며 여러 형태로 존재하며 이중에서도 적토형 인위토양은 원토양 위에 다른 토양을 쌓아 만든 토양이다 (Lee et al., 2013). 국내의 인위토양은 2008년 하반기부터 4대강 유역의 노후제방을 보강하고 하천생태계 복원 및 홍수조절 등을 위한 4대강 사업으로 인해 리모델링 사업이 추진되어 규모가 큰 매립적토형 인위토양이 조성되었다. 국내의 적토형 인위토양은 크게 매립형과 누적형으로 나눌 수 있다. 매립형은 한번에 50 cm 이상의 토양을 쌓는 형태이며, 누적형은 2~3년 간격으로 50 cm 미만의 토양을 계속하여 쌓은 형태를 의미한다. 이런 인위토양은 토양내부의 물리성과 화학성이 교란을 일으켜 고질적 배수불량이나 경반생성 문제 등으로 특성을 고려해 토양관리에 차별을 두어야 한다는 연구보고가 이루어지고 있다 (Volungevicius and Skorupskas, 2011). 이에 따라 인위토양의 분류에 대한 연구가 진행되기도 하였고 (Blume, 1989; Dudal et al., 2002), 인위토양의 화학적 특성에 대한 연구가 진행되기도 하였다 (Hur et al., 2008; Sonn et al., 2012), 또한, 국내에서는 인위토양에 대한 분류의 필요성으로 2014년에 발간된 Taxonomical Classification of Korean Soils에서는 새로운 인위토양 11개의 통이 추가되게 되었다. 새롭게 추가

된 인위토양은 인관, 인가, 인지, 인곡, 인옥, 인동, 인상, 인생, 인월, 인창, 인평으로 새로운 통으로 분류하여 명명하였으며 이의 특성에 따라 새롭게 기술하여 보고하기도 하였다 (Song et al., 2014).

Soil taxonomy는 1975년 발간을 시작으로 1983, 1985, 1987, 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2003, 2006, 2010, 2014년도에 12차 개정을 거쳐왔다. 이러한 개정을 거쳐 오면서 많은 내용들의 수정이 이루어져 왔으며, 특히 2010년 기준 soil taxonomy에서는 분류가 이루어지지 않았던 인위토양에 대한 분류가 2014년에 아목 단위에서 새롭게 추가가 되어 2014년도에서 수정된 내용에 대한 이해가 필요하게 되었다. 따라서 본 연구에서는 인위토양의 soil taxonomy의 바뀐 기준에 따라 분류기준을 설정하기 위해 매립 적토형 인위토양중 인관통 (Ingwan series)을 대표지점으로 선정하고 단면조사 및 화학성 분석을 실시한 후에 soil taxonomy 2010년 기준과 2014년 기준으로 각각 분류하여 비교 검토하고자 하였다.

Materials and Methods

조사 및 분석방법 리모델링 농경지 7,727 ha에 대하여 현지조사를 수행한 후 가장 많은 면적을 차지하고 있는 인위토양 형태를 선택하여 분류를 실시하였다 (Table 1). Table 1은 표토와 심토의 조합이 분포하는 면적을 나타내고 있는데, 가장 많은 면적을 차지하는 적토형 인위토양은 표토가 중립질, 심토가 조립질인 형태로 면적이 3,463.3 ha이었다. 대표 지점은 적토형 인위토양 중 분포면적이 가장 많은 토양을 선정하였고 위치는 경상북도 구미시 고아읍에 위치한 논토양으로 하였다. 현장에서 우선 토양 단면조사를 실시하였으며 토양을 성토된 표층으로부터 150 cm까지 시갱 후, 토색과 토성, 토양구조 등을 기준으로 층위를 구분하였다. 토색은 문셀 토색첩 (Munsell soil color chart)을 이용하였으며, 토성은 촉감법을 사용하여 결정되었다. 각 층위마다 분석용 토양을 채취하여 풍건 후 2 mm 체를 통과시킨 시료를 이용하여 농촌진흥청 토양화학분석법에 의거 이화학적 특성을 분석하였다 (RDA, 1988). NH_4OAc 침출 Ca, Mg, K 및 Na는 pH 7.0, 1N NH_4OAc 용액으로 침출하였으며, Extractable acidity는 0.5N BaCl_2 -triethanol amine (pH 8.2)으로 침출하여 0.25N HCl로 역정하였다. CEC (NH_4OAc)는 pH 7.0, 1N NH_4OAc 로 포화시키고, ethanol로 과잉의 NH_4^+ 를 제거한 후 증류하여 측정하였으며, NH_4OAc 침출 염기 총량에 extractable acidity를 더하여 CEC (양이온 함)로 계산하였다. 염기포화도 (양이온함)는 $100 \times \text{NH}_4\text{OAc}$ 침출 염기 총량 / CEC (양이온 함)으로 계산하였다. 모든 분석방법은 Soil Taxonomy 표준 분석방법인 Soil Survey Investigation Report (SSIR) No. 42 Version 4.0에 규정된

Table 1. Area distribution of remodeled paddy fields based on the soil taxonomy system.

								(Unit: ha)	
Subsoil	Topsoil [†]	CTS0	CTS1	MCTS0	MCTS1	FTS0	VFTS0	VFTS1	Total
CTS0		63.9	1.0	3,463.3	14.8	14.3	2,065.8	88.6	5,701.7
CTS1		51.8		979.8	6.0	4.0	284.5		1,326.1
MCTS0		13.0		536.0			31.2		576.0
MCTS1				40.0					40.0
FTS0							88.9		78.9
FTS1		4.3							4.3
Total		133	1.0	5,019.1	20.8	18.3	2,446.2	88.6	7,727

[†]CTS: coarse textured soil (S, LS), MCTS: moderately coarse textured soil (SL, L, SiL), FTS: fine textured soil (SCL, Si), VFTS: very fine textured soil (CL, SC, SiC, C, SiCL), 0: gravel content 0-35%, 1: gravel contest >35%

Table 2. Errata of soil taxonomy, 12th edition.

Sub group	Insert
Anthroportic Udorthents	Other Udorthents that have 50 cm or more of human transported material.
Anthropic Udorthents	Other Udorthents that have an anthropic epipedon.
Aquic Udorthents	Other Udorthents that have, in one or more horizons within 100 cm of the mineral soil surface, redox depletions with chroma of 2 or less and also aquic conditions for some time in normal years (or artificial drainage).
Oxyaquic Udorthents	Other Udorthents that are saturated with water in one or more layers within 150 cm of the mineral soil surface in normal years for either or both: 1. 20 or more consecutive days; <i>or</i> 2. 30 or more cumulative days.
Vermic Udorthents	Other Udorthents that have 50 percent or more (by volume) wormholes, wormcasts, and filled animal burrows between either the Ap horizon or a depth of 25 cm from the mineral soil surface, whichever is deeper, and either a depth of 100 cm or a densic, lithic, paralithic, or petroferic contact, whichever is shallower.
Typic Udorthents	Other Udorthents.

Soil survey laboratory methods manual에 따라서 수행하였다 (USDA, 2004).

현장 조사한 데이터와 이화학적 특성을 토대로 Soil Taxonomy (2010)분류기준과 새롭게 바뀐 2014년 새로운 기준에 따라 토양을 분류하였다.

Soil Taxonomy 2014년 개정 분류기준 Soil taxonomy의 2014년도에 수정되거나 추가된 사항들을 Table 2에 나열하였다. 토양 아목에서 인위토양에 대한 항목이 수정되어 본 연구와 같은 인위토양에 대한 기술을 위해서는 필수적으로 지켜봐야 할 필요성이 있다.

Results and Discussion

인관통 대표단면의 이화학적 특성 조사지점은 경사가 0~2%로 완만한 논토양으로 표토가 1년 중 90일 이상 물로 포화되어 있어 udic에 해당되었고, 조사지역인 구미시의 기후 연평균 값은 12.5°C로 연평균 기온이 15°C 이하에 속

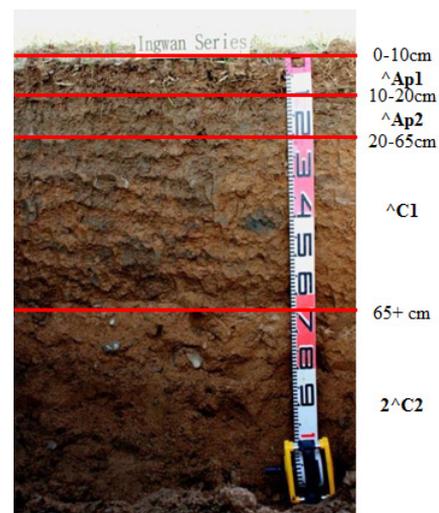


Fig. 1. Representative soil profile of “Ingwan” series.

하며 토심 50 cm에서 여름과 겨울의 평균 토양 온도가 각각 26.6°C, 0.2°C로 차이가 5°C 이상 되는 mesic권에 속한다 (Fig. 1). 층위의 명칭은 자연토양과 인위토양에서 ^표시에

의해 구분된다. 인위토양에서 모재가 다른 경우 \wedge 표시 앞에 숫자를 넣어 구별한다 (예: \wedge Ap, $2\wedge$ Ap). 조사단면은 크게 A 층과 C 층으로 구분할 수 있었고 첫 번째 층인 \wedge Ap1 층 (0–10 cm)은 암황갈색 (10YR 3/4)의 사양토로서 중간 내지 큰 황 적색 (5YR 4/6)의 반분이 적게 존재하며 점착성과 가소성이 보통이다. 매우 가는 벼와 보리의 뿌리가 많았으며, 매우 작거나 작은 공극이 있고 두 번째 층위와의 경계는 불명확한 평면상의 경계특성을 가지고 있다. 두 번째 층인 \wedge Ap2 층 (10–20 cm)은 암갈색 (10YR 3/3)의 사양토로서 작거나 중간 선명한 적색 (10R 4/8)의 반분이 존재하고 점착성은 약하고 가소성은 보통이었다. 매우 가는 내지 가는 벼와 보리의 뿌리가 많았으며, 매우 작은 공극들이 있었고, 세 번째 층위와의 경계는 점변하는 불규칙상의 특성을 가지고 있었다. 세 번째 층인 \wedge C1 층 (20–65 cm)은 진갈색 (7.5YR 4/6)의 사양토로서 크고 매우 선명한 암회색 (2.5Y 4/1)의 반분이 많이 존재하며 구조가 없었으며, 점착성과 가소성은 보통이었으며 매우 가는 뿌리가 적고 매우 작은 공극이 적게 분포하였으며 네 번째 층위와는 명확한 파상의 경계를 가지고 있다. 마지막으로 $2\wedge$ C2 층 (65+ cm)은 황갈색 (10YR 5/6)의 자갈이 있는 (25%) 조사토로서 구조가 없고, 점착성과 가소성 없었으며 뿌리 및 공극이 없었다.

토양의 층위별 이화학적 특성은 Table 3과 같았다. \wedge Ap1 층과 \wedge C1 층위까지 Clay 함량은 10~15% 내외로 $2\wedge$ C2 층 3.2%보다 높았고 미사의 함량도 점토와 유사한 경향을 보여 $2\wedge$ C2과는 확연한 다른 모재였다. 유기탄소 함량은 아래층으로 갈수록 적게 나타났다. Na 분석결과 모든 층위에 걸쳐 매우 낮은 값을 보였으며 pH 결과를 보면 상당히 산성을 보이고 있었다 (pH < 4.4). 그러나 이러한 결과는 한 토양에서만 나온 결과이므로 다른 매립적토형 인위토양인 경우 형태 및 위치에 따라 화학적 특성 경향이 다를 수 있다.

Soil taxonomy 분류 비교 (2010, 2014년) Soil taxonomy에 의하면, 가장 상위단계인 12개의 토양목 (Order) 중 각 목의 조건사항을 분석하여 해당되는 목을 정하게 된다. 목의 다음 단계인 아목 (Sub-order), 대군 (Great group), 아군 (Sub-group), 속 (Family) 등도 이러한 과정을 거쳐서 판단하는데 이 역시 각각 정해진 순서에 따라 판단하게 된다 (USDA, 1999, 2010).

Soil taxonomy는 2014년도에 개정되었으나 본연구의 대상 인위토양을 개정판 이전인 2010년도 분류기준으로 보면 최고차 분류 단위인 토양목 (Soil Order) 분류를 하였을 시, 어느 깊이에서도 Gelic material이나 Permafrost 등이 존재하지 않으므로 Gelisols의 조건에 충족되지 않는다. Andic soil properties를 가지고 있지는 않았고 유기토양물질 (organic soil materials) 역시 기준에 부합될 만큼 가지고 있지 않아 Histosols의 조건에 충족되지 않는다. Spodic materials를

가지고 있지 않으며 토양온도권 역시 mesic에 해당하여 frigid 나 cryic 토양온도상을 가지고 있지 않아 우리나라에는 존재하지 않는 토양으로 Spodosols의 조건에 충족되지 않는다. Andisols는 다음 둘중 하나의 깊이에서 60% 이상이 andic 토양특성을 가지는 토양을 말한다. 1) Either densic, lithic, paralithic contact, a duripan, or a petrocalcic horizon 이 없을 때 무기질의 토양표면이나 andic 토양특성을 가지는 유기질층위의 상부경계에서 60cm이내, 2) or 무기질 토양표면이나 andic 토양특성을 가지는 유기질층위의 상부경계 중 얇은 깊이와 densic, lithic, paralithic contact, a duripan, or a petrocalcic horizon 사이의 깊이를 말한다. 내륙에서 이러한 특성을 볼 수 없어 어느 깊이에서도 andic 토양특성을 가지고 있지 않아 Andisols의 조건에 충족되지 않는다. oxic 층위나 kandic 층위가 없으며, Oxisols의 조건에도 충족되지 않는다. Slickenside를 볼 수 없고, 점토함량이 30%가 되지 않으며, 주기적으로 생기는 crack을 가지고 있지 않아 Vertisols의 조건에 충족되지 않는다. 지역적으로 우리나라 전체가 aridic 토양수분상에 포함되지 않고, cambic, natric, argillic 층위 및 duripan도 없으며, salic 층위도 없어 Aridisols의 조건에 충족되지 않는다. Mollic 표층을 가지고 있지 않아 Mollisols의 조건에 충족되지 않는다. argillic, kandic or natric 층위도 없고, 현장에서 육안 관찰시 1 mm 이상의 점토피막을 확인할 수 없었으므로 Alfisols의 조건에 충족되지 않는다. Cambic 층위가 없고, calcic, petrocalcic, gypsic, petrogypsic, 또는 placic 층위 또는 duripan 등도 없다 Oxidic, sombric, 또는 spodic 층위도 없고, sulfuric 층위도 없으며, cryic 온도상도 가지고 있지 않아 Inceptisols의 조건에 충족되지 않는다. 이상의 모든 특성을 가지고 있지 않아 Entisols로 분류할 수 있었다.

토양아목 (Sub-order)의 경우 물 및 반분의 존재여부에 따라 순서적으로 Wassents의 판별, sulfidic 층위와 토성에 따라 Aquents의 판별, 그 다음 Arents, Psamments, Fluvents 등의 판별조건에 충족되지 않으므로 Orthents로 분류할 수 있었다.

토양대군 (Great-group)의 경우, 어느 토양 온도상에도 해당되지 않아 gel-, cry-, torr-, xero-, ust- 등이 아니라 ud-로 분류되었다.

토양아군 (Sub-group)의 경우 순서적으로 lithic 인접면이 없으며, 화산재의 영향도 없고, 색상 중 채도가 2이하에 해당하므로 aquic으로 분류할 수 있었다.

토양속 (Family)의 경우 기후대는 mesic조건에 토성은 사양질/사질 (coarse loamy over sandy) 이었다. 결과적으로 soil taxonomy 2010년 기준으로 분류하였을 때 coarse loamy over sandy, mixed, mesic family of Aquic Udorthents로 분류할 수 있었다 (Fig. 2).

2014년도 개정된 soil taxonomy의 분류기준에 따른 분류

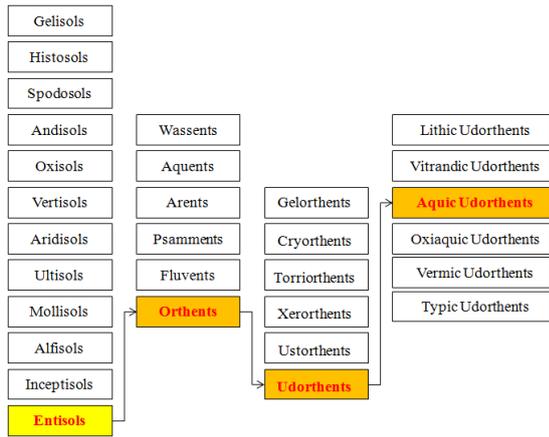


Fig. 2. Classification of "Ingwan" series based on soil taxonomy of 2010.

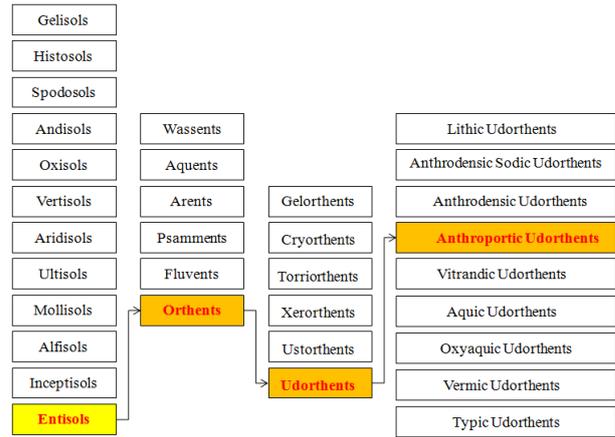


Fig. 3. Classification of "Ingwan" series based on soil taxonomy of 2014.

Table 4. Two different classifications of "Ingwan" soil.

Classification method	Classification results
soil taxonomy 2010	coarse loamy over sandy, mixed, mesic family of Aquic Udorthents
soil taxonomy 2014	coarse loamy over sandy, mixed, mesic family of Anthroportic Udorthents

로는 coarse loamy over sandy, mixed, mesic family of Anthroportic Udorthents로 분류할 수 있었다.

인위토양을 분류하기 위해서 Soil Taxonomy에서는 국제 인위토분류위원회에서 새로운 목을 만들기 위하여 추진하고 있으며, 현재까지는 Entisols로 분류되어지기 때문에 실용적인 측면에서 그 특징을 판단하기가 어려운 실정이다. 토양은 인간생활과 불가분의 관계에 있는 자연체이므로 여러 강대국들이 각각의 토지이용과 관리에 알맞다고 생각되는 많은 분류체계들을 만들어 활용해 오고 있다. 그 중에서도 1975년에 완성하여 현재까지 6차에 걸쳐 수정 발전시켜 오고 있는 미국의 새로운 분류 방법은 세계적으로 널리 쓰여지고 있고 우리나라에서도 이 방법을 쓰고 있으나 아직까지는 이해가 부족한 편이며 약간의 문제점도 발견된다 (Lee et al., 2013). 그러나 앞으로 국제교류를 확대해야 하고 특히 우리의 선진농업기술을 개도국에 전수하기 위해서는 토양분류단위를 매체로 해야 설득력이 있고 확실성이 높다 (Jung, 1996). 현재 우리나라의 토양은 soil taxonomy를 채택하여 분류하고 있는 만큼 자주 바뀌는 분류기준을 항상 숙지하고 적용하여야 할 필요성이 있다고 판단되었다.

Conclusion

Soil Taxonomy는 1975년 발간을 시작으로 12차에 걸쳐 개정을 거쳐왔다. 이러한 개정을 거쳐 오면서 많은 내용들의 수정이 이루어져 왔으며, 특히 2010년 기준 Soil Taxonomy에서는 분류가 이루어지지 않았던 인위토양에 대한 분류가 2014년에 아목 단위에서 새롭게 추가가 되어 2014년도에서

수정된 내용에 대한 이해가 필요하게 되었다. 본 연구는 이를 숙지하고 알리기 위해 적토형 인위토양인 인관통을 soil taxonomy 2010, 2014 분류 체계를 따라 분류·비교하였다. 그 결과 soil taxonomy 2010기준으로 분류하였을 때 coarse loamy over sandy, mixed, mesic family of Aquic Udorthents였고, 2014년 기준으로 분류하였을 때 coarse loamy over sandy, mixed, mesic family of Anthroportic Udorthents로 분류되어 달라졌다. 따라서 인위토양의 증가추세를 감안하였을 때, 수시로 급변하는 Soil taxonomy의 기준을 개정 적용하여 인위토양에 대한 분류를 실시하여 정보를 축적하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

References

Blume, H.P. 1989. Classification of soils in urban agglomerations. *Catena*. 16(3):269-275.

Dudal, R., F.O. Nachtergaele, and M.F. Purnell. 2002. The human factor of soil formation, pp. 14-21S, Thailand.

Hur, S.O., Y.K. Sonn, K.J. Lee, S.T. Lee, C.W. Park, S.H. Jeon, S.K. Ha, and J.G. Kim. 2008. Water movement characteristics by soil horizon of cumulants Anthrosol in highland, p.132 *Korean J. Soil Sci. Fert. Conference Proceeding*.

Jung, Y.T. 1996. Application of soil taxonomy: Advantage and disadvantage of American soil taxonomy. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 29(2):207-210.

Lee, S.B., H.C. Chun, H.J. Cho, B.K. Hyun, K.C. Song, Y.S. Zhang, Y.K. Sonn, and C.W. Park. 2013. Soil classification of anthropogenic soils in a remodeled area using soil

- taxonomy and world reference base for soil resources. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 46(6):536-541.
- National Institute of Agricultural Sciences and Technology. 1973. *Soil Survey Manual. part 1. Field Survey & Classification.* Suwon. Korea.
- RDA. 1988. *Methods of soil chemical analysis.* National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Sonn, Y.K., M.C. Seo, C.W. Park, B.K. Hyun, and Y.S. Zhang. 2008. The classification and interpretation of Korean soils derived from sedimentary rocks using multidimensional scaling. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41(6):387-392.
- Sonn, Y.K., Y.S. Zhang, C.W. Park, Y.H. Moon, B.K. Hyun, K.C. Song, and H.C. Chun. 2012. A Comparison of spatial variation on anthropogenic soils. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(6):897-899.
- USDA, NRCS. 2004. *Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigation Report No. 42. Version 4.0.* USDA NRCS, Washington.
- USDA, Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.* 2nd ed. *Agric. Handbook 436.* USDA-NRCS. CRC Press, Boca Paton, Fla., USA.
- USDA, Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy.* 11th ed. USDA NRCS, Blacksburg, Virginia.
- USDA, Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy.* 12th ed. USDA NRCS, Blacksburg, Virginia.
- Volungevičius, J. and R. Skorupskas. 2011. Classification of anthropogenic soil transformation. *Geologija.* 53:165-177.