

## 용당통의 분류

송관철<sup>\*</sup> · 현병근 · 문경환<sup>1</sup> · 전승종<sup>1</sup> · 임한철<sup>1</sup>

국립농업과학원, <sup>1</sup>온난화대응농업연구센터

## Taxonomical Classification of Yongdang Series

Kwan-Cheol Song,<sup>\*</sup> Byung-Geun Hyun, Kyung-Hwan Moon<sup>1</sup>, Seung-Jong Jeon<sup>1</sup>, and Han-Cheol Lim<sup>1</sup>

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707

<sup>1</sup>Agricultural Research Center for Climate Change, RDA, Jeju 690-150

This study was conducted to reclassify Yongdang series based on the second edition of Soil Taxonomy : A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Morphological properties of typifying pedon of Yongdang series were investigated and physico-chemical properties were analyzed according to Soil Survey Laboratory Methods Manual. The typifying pedon of Yongdang series has dark reddish brown (5YR 2/3) silt loam Ap horizon (0~14 cm), dark brown (7.5YR 2/3) silt loam BA horizon (14~32 cm), dark brown (7.5YR 2/3) clay loam Bt horizon (32~57 cm), dark yellowish brown (10YR 4/6) silty clay loam Btx1 horizon (57~110 cm), and dark yellowish brown (10YR 4/6) silty clay loam Btx2 horizon (more than 110 cm). That occurs on gently sloping lava plain and is derived from basalt materials. The typifying pedon has an argillic horizon from a depth of 32 to more than 110 cm and a fragipan from a depth of 57 to more than 110 cm. That has a base saturation (sum of cations) of 35% or more at 75 cm below the upper boundary of the fragipan. That can be classified as Alfisol, not as Inceptisol. The typifying pedon has udic soil moisture regime, and can be classified as Udalf. That has a fragipan with an upper boundary within 100 cm of the mineral soil surface, and keys out as Fragiudalf. Also that meets the requirements of Typic Fragiudalf. That has 18% to 35% clay at the particle-size control section, and has thermic soil temperature regime. Yongdang series can be classified as fine loamy, mixed, thermic family of Typic Fragiudalfs, not as fine loamy, mixed, thermic family of Aquic Eutrudepts.

**Key words:** Argillic horizons, Base saturation(sum of cations), Typic Fragiudalfs, Yongdang series

## 서 언

현재 우리나라에서는 미국 농무성에서 개발한 Soil Taxonomy를 공식적인 토양분류 체계로 채택하여 이용하고 있다. Soil Taxonomy가 제안된 것이 1960년이고, 1차적으로 완성된 것이 1975년이었기 때문에 우리나라에서 본격적으로 토양조사를 수행하기 시작한 이래 미농무성의 Thorp과 Kellog가 개발한 구분류 방법을 적용하다가, 정밀토양조사를 전국적인 규모로 수행할 때는 Soil Taxonomy와 구분류 방법을 동시에 적용하였다(Song et al., 2005).

우리나라에서 Soil Taxonomy 분류체계를 적용하기 시작한 이후에도 구분류 체계의 방법들을 상당 부분 그대로 적용하였다. 즉 구분류 체계의 방법에 따라 토양통을 설정하고 이를 Soil Taxonomy에 단순 적용하

는 것이 일반적이었다. 또한 토양 조사사업을 수행하면서 거국적 사업 차원에서 토양조사를 추진하여 사업효율 증진과 실용성에 치중하였기 때문에 학문적 기초를 가진 토양분류, 생성연구는 매우 취약하였다(Song et al., 2005).

토양의 층위가 발달하기 시작한 젊은 토양인 Inceptisols은 다양한 토양수분상과 토양온도상에서 생성되고, 다양한 지형조건하에서 발달하기 때문에 그 특성의 범위가 매우 넓다. 우리나라 지형이 산악지를 중심으로 기복이 매우 심할 뿐만 아니라 강과 하천이 많기 때문에 지형인자가 토양 생성에 매우 중요한 역할을 한다. 경사가 심한 산악지에서는 여름철 집중호우기에 토양침식이 많이 일어나 토층 발달이 미약하고, 선상지, 곡간 및 하천변에는 충적토가 계속적으로 쌓이기 때문에 토층분화가 잘 일어나지 않는다. 따라서 우리나라에는 토양의 층위가 발달하기 시작한 젊은 토양인 Inceptisols이 가장 많이 분포하고 있다. 우

접수 : 2009. 8. 14 수리 : 2009. 9. 29

\*연락처 : Phone: +82312900342,

E-mail: kcsong@korea.kr

리나라에 분포하는 390개 토양통 중 210개 토양통이 Inceptisols로 분류되며, 그 분포면적이 6,668천 ha로 전국토의 69.2%나 된다 (Song et al., 2005).

우리나라에서 Inceptisols로 분류되고 있는 토양 중에서 상당수가 Alfisols, 또는 Ultisols로 재분류할 수 있으리라 생각된다. 1987년에 농촌진흥청과 미국 농무성 공동으로 International Forum on Soil Taxonomy and Agrotechnology Transfer (RDA, 1988)를 우리나라에서 개최하고, 우리나라의 주요 토양들에 대하여 현장 답사와 동시에 Soil Taxonomy에 의한 분류를 하였다. 그 당시 Inceptisols로 분류되고 있던 전복통과 봉남통을 Alfisols로 재분류하였는데 현재까지도 Inceptisols로 분류되고 있다 (NIAST, 2000)는 것에서도 확인할 수 있다.

현무암에서 유래된 화산회를 모재로 하고 있는 제주도 토양의 경우 비교적 건조한 북부 및 서부 해안 지역에서는 층형 규산염 점토광물을 주광물로 하는 토양이 분포하고, 그 외의 지역에서는 Andisols이 주로 분포한다 (Song and Yoo, 1994; Song, 1997). 제주도 서북부 해안지역의 현무암에서 유래된 화산회, 또는 현무암을 모재로 하고 있는 토양들은 풍화속도가 빠르기 때문에 점토함량이 높은 식양질 내지 식질 토양들이 대부분이다. 이들 토양 중 용당, 애월, 용강통 등과 같이 많은 토양들이 Inceptisols로 분류되고 있다 (NIAST, 2000). 그러나 이들 토양은 토양 생성 발달이 더욱 진척되어 점토집적층인 argillic층을 보유하고 있는 Alfisols, 또는 Ultisols로 생성 발달되었다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 Inceptisols로 분류하기에는 문제가 있다고 생각되는 용당통을 선정하여 Soil Taxonomy에 의한 재분류를 수행하였다.

## 재료 및 방법

우리나라의 공식적인 토양 분류 체계인 Soil Taxonomy에 따라서 우리나라 토양을 분류할 때 Inceptisols로 분류하기에는 문제가 있다고 생각되는 용당통을 선정하여 대표단면의 특성을 조사하고, 토양을 채취하여 이화학적 특성을 분석하였다.

토양 단면 조사 및 기술은 미농무성의 토양조사편람(USDA, 1993)을 기준으로 하여 지형, 경사, 배수, 석력함량, 토색, 반문, 구조, 층위경계, 공극, 식물뿌리, 점착성, 가소성, 견고도 등을 조사하였다.

Soil Taxonomy 표준 분석방법인 Soil Survey Laboratory Methods Manual (USDA, 1996)을 기준으로 하여 토양의 이화학적 특성을 분석하고 laboratory data sheets를 작성하였다. Laboratory data sheets에 작성한 각각의 성적에 대한 분류학적 해석은 Soil Survey Laboratory Information Manual (USDA,

1995)에 준하였다.

NH<sub>4</sub>OAc 침출성 Ca, Mg, K 및 Na는 pH 7.0, 1N NH<sub>4</sub>OAc 용액으로 침출하고, KCl 침출성 Al은 1N KCl 용액으로 침출하여 원자흡광분광분석기로 정량하였으며, 총산도 (extractable acidity)는 0.5N BaCl<sub>2</sub>-triethanol amine (pH 8.2)으로 침출하여 0.25N HCl로 역적정하였다. 양이온교환용량 (NH<sub>4</sub>OAc)은 pH 7.0, 1N NH<sub>4</sub>OAc로 포화시키고, 에탄올로 과잉의 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>를 제거한 후 증류하여 측정하였으며, NH<sub>4</sub>OAc 침출성 염기 총량에 총산도를 더하여 양이온교환용량 (양이온 합)으로 계산하였다. Alfisols과 Ultisols을 구분하는 분류기준인 염기포화도 (양이온 합)는 100 x NH<sub>4</sub>OAc 침출성 염기 총량 / 양이온교환용량 (양이온 합)으로 계산하였다.

토양분류는 Keys to Soil Taxonomy (USDA, 2006)에 의하여 official series descriptions과 laboratory data sheets를 작성하고 분류하였다.

## 결과 및 고찰

Soil Taxonomy에 의하여 토양을 분류할 때 Soil Taxonomy 표준 방법에 따른 official series descriptions과 laboratory data sheets가 요구된다. 용당통 대표단면의 형태적 특성을 조사한 official series descriptions을 아래에 명기하고, laboratory data sheets를 Table 1에 나타내었다. 또한 용당통의 대표단면 사진을 Fig. 1에 나타내었다.

### Official series descriptions of typifying pedon

Location : 400 meters west of Nonghyum, Gosan Ri, Hangyeong Myeon, Jeju city, Jeju Do

Landform : Lava plain

Slope : 2-7%

Soil moisture regime : Udic

Temperature regime : Thermic

Permeability class : Moderately slow

Drainage class : Moderately well drained

Land use : Upland

Diagnostic features : An umbric epipedon from a depth of 0 to 32 cm, an argillic horizon from a depth of 37 to more than 110 cm, and a fragipan from a depth of 57 to more than 110 cm

Ap - 0 to 14 cm. Dark reddish brown (5YR 3/2) loam; moderate medium to coarse granular structure; friable, sticky and plastic; few medium pores; few fine roots; few fine micas; clear smooth boundary

BA - 14 to 32 cm. Dark brown (7.5YR 3/2) loam; moderate coarse angular blocky structure; few medium prominent yellowish red (5YR 4/6) mottles; slightly firm, sticky and plastic; few very fine roots; few fine white micas; few worm holes; few fine quartz grits; clear smooth boundary

Bt - 32 to 57 cm. Dark brown (7.5YR 3/2) clay loam; moderate medium angular blocky structure breaking to platy structure; common medium prominent yellowish dark red(2.5YR 3/6) mottles; slightly firm, sticky and plastic; thin continuous clay cutans; common fine to medium pores; few very fine roots; few very fine white micas; common medium Mn concretions; abrupt smooth boundary

Btx1 - 57 to 110 cm. Mottled, dark yellowish brown (10YR 4/6) and strong brown (7.5YR 4/6) silty clay loam; dark yellowish brown (10YR 4/4) crushed; moderate coarse angular blocky structure; common medium prominent yellowish dark reddish brown (2.5YR 3/4) mottles; firm, very sticky and very plastic; thick continuous clay cutans; common fine to medium pores; few very fine roots; few very fine white micas; common medium Mn concretions; gradual smooth boundary

Btx2 - 110+ cm. Mottled, dark yellowish brown (10YR 4/4), brown (10YR 5/3), and dark brown (7.5YR 3/3) silty clay loam; brown (7.5YR 4/4)

crushed; moderate coarse angular blocky structure; many medium prominent yellowish dark reddish brown (2.5YR 3/4) mottles; firm, very sticky and very plastic; thick continuous clay cutans; common fine pores; non roots; few very fine white micas; common medium Mn concretions

제주도의 서북부 해안지역에 주로 분포하고 있는 용당통은 Fine loamy, mixed, thermic family of Aquic Eutrudepts로 분류되고 있다(NIAST, 2000). Ap층 (0~14 cm)은 암갈색 (5YR 3/2)의 양토이고, BA층 (14~32 cm)은 암갈색 (7.5YR 3/2)의 양토, Bt층 (32~57 cm)은 암갈색 (7.5YR 3/2)의 식양토, Btx1층 (57~110 cm)은 암황갈색 (10YR 4/6)의 미사질식양토, Btx2층 (110+ cm)은 암황갈색 (10YR 4/6)의 미사질식양토이다. 현무암을 모재로 하는 토양으로 용암류 평탄지에 분포하며, 주로 밭으로 이용되고 있다. udic 토양수분상과 thermic 토양온도상을 보유하고 있으며, 배수등급은 약간 양호이다.

용당통은 0~32 cm 깊이에서 umbric 감식표층을 보유하고, 32~110 cm 깊이 이상에서 상부 층위에 비하여 점토 함량이 기준 이상으로 높고, 점토 이동의 근거인 점토괴막이 있는 argillic층을 보유하고 있다. 또한 57~110+ cm 깊이에 fragipan을 보유하고 있다. 제주도에 분포하는 63개 토양통 중 어느 토양도 fragipan을 보유하지 않는 것으로 보고되고 있으나 (NIAST, 2000), 용당통은 fragipan을 보유하고 있다.

용당통은 현재 Aquic Eutrudepts로 분류되고 있으나, Ap층에서 Bt층 (0~57 cm)까지 andic 토양 특성



Fig. 1. The typifying pedon of Yongdang series

**Table 1. Laboratory data sheets of typifying pedon.**

Depth (cm)	Horizon	Total			Clay		Silt		Sand				
		Clay	Silt	Sand	Fine	Coarse	Fine	Coarse	VF	F	M	C	VC
		LT	.002	.05	LT	LT	.002	.02	.05	.10	.25	.5	1
		.002	-.05	-2	.0002	.002	-.02	-.05	-.10	-.25	-.50	-1	-2
----- Pct of < 2mm (3A1) -----													
0-14	Ap	22.0	40.4	37.6			17.5	20.9	6.9	18.1	7.8	4.0	0.8
14-32	BA	21.9	42.3	35.8			20.7	16.9	3.9	19.0	7.2	4.3	1.4
32-57	Bt	27.1	37.0	35.9			11.2	18.9	0.3	18.5	8.9	6.1	1.2
57-110	Btx1	35.9	56.9	7.2			32.6	23.1	0.1	2.9	1.8	1.9	0.5
110+	Btx2	32.4	57.4	10.2			23.5	33.9	1.2	2.7	2.3	3.0	1.0
Depth (cm)	Coarse Fractions(mm)				2mm Wt	Orgn C	Total N	Extr P	Total S	Dith -Cit			WRD
	Weight									Pct of Whole	6A1c	6B3a	
	2-5	5-20	20-75	.1-75									Fe
										6C2b	6G7a	6D2a	
Pct of < 75mm (3B1)					Soil	---	Pct < 2mm	---	ppm	Pct of < 2mm			
0-14													
14-32													
32-57													
57-110													
110+													
Depth (cm)	Ratio/Clay		Atterberg		Bulk Density			COLE	Water Content				WRD
	CEC	1500	Limits		Field	33	Oven	Whole	Field	10	33	1500	Whole
			LL	PI	Moist	kPa	Dry	Soil	Moist	kPa	kPa	kPa	Soil
	8D1	8D1	4P	4P	4A3a	4A1d	4A1h	4D1	4B4	4B1c	4B1c	4B2a	4C1
			Pct < 0.4mm		----- g/cc -----			cm/cm	Pct of < 2mm				cm/cm
0-14	0.91												
14-32	0.92												
32-57	0.90												
57-110	0.64												
110+	0.70												
Depth (cm)	NH4OAc Extractable Bases					Acid ity	Extr Al	CEC			Al Sat		
	Ca	Mg	K	Na	Sum			Sum	NH4	Bases		Al	
	5B5a	5B5a	5B5a	5B5a	Bases			Cats	OAc	+ Al			
	6N2e	6O2d	6Q2b	6P2b		6H5a	6G9a	5A3a	5A8b	5A3b	5G1		
----- meq / 100g -----												Pct	
0-14	9.8	4.4	1.1	0.1	15.3	17.5	0.1	32.8	20.0	15.4	0.6		
14-32	10.4	4.6	1.1	0.1	16.3	14.0	0.1	30.3	20.2	16.4	0.6		
32-57	10.8	7.3	0.2	0.3	18.6	15.5	0.2	34.1	24.4	18.8	1.1		
57-110	11.0	5.9	0.1	0.4	17.3	15.0	0.2	32.3	23.0	17.5	1.1		
110+	8.9	5.3	0.2	0.6	15.0	16.5	0.2	31.5	22.8	15.2	1.3		
Depth (cm)	Base Sat		CO <sub>3</sub> as	Res	Cond	pH			Acid Oxalate Extraction				
	Sum	NH <sub>4</sub> - OAc	CaCO <sub>3</sub> <2mm			NaF	KCl	CaCl <sub>2</sub> .01M	H <sub>2</sub> O	Opt Den	Al	Fe	Si
	5C3	5C1	6E1g	8E1	8I	8C1d		8C1f	8C1f	8J	6G12	6C9a	6V2
	----- Pct -----			ohms/cm	dS/m		1:1	1:2	1:1	----- Pct of < 2mm -----			
0-14	46.7	76.6					5.6	6.2	6.5		0.19	1.32	0.06
14-32	53.7	80.4					5.9	6.4	6.7		0.14	1.00	0.05
32-57	54.5	76.2					6.0	6.6	7.1		0.33	1.64	0.13
57-110	53.6	75.4					5.8	6.6	7.1		-	-	-
110+	47.5	65.6					5.7	6.4	6.9		-	-	-



을 분석한 결과 oxalate 침출성 ( $Al + 1/2 Fe$ ) 함량이 0.46~1.16%로 2% 미만이며, 인산보유능이 35.0~59.3%로 85% 미만이다. 반면에 용적밀도가 1.30~1.54  $Mg\ m^{-3}$ 으로 0.90  $Mg\ m^{-3}$  이상이다. 따라서 용당통은 andic 토양 특성을 보유하고 있지 않으므로 Andisols로 분류할 수 없다. 그러나 Bt층에서 Btx2층(32~110+ cm)까지 점토집적층인 argillic층을 보유하고 있다. 기준 깊이에서의 염기포화도(양이온 합) 값에 의하여 Alfisols 또는 Ultisols로 분류되는데, 용당통의 경우 기준깊이인 fragipan 상부 경계 아래 75 cm 깊이인 132 cm 깊이에서 뿐만 아니라 전 토층에서 염기포화도(양이온 합)가 35% 이상으로 높다. 따라서 용당통은 Inceptisols, 또는 Andisols이 아니라 Alfisols로 분류되어야 한다.

Alfisols은 Aqualfs, Cryalfs, Ustalfs, Xeralfs 및 Udalfs의 5개 아목으로 분류되고 있다. 이들 아목은 토양수분상과 토양온도상에 의하여 결정된다. Ultisols에서는 유기물 함량이 높은 토양을 Humults라는 별도의 아목으로 분류하고 있으나, Alfisols에서는 그러한 토양을 별도의 아목으로 분류하지 않고 있다. 용당통은 udic 토양수분상을 보유하고 있으므로 Udalfs 아목으로 분류될 수 있다.

Udalfs는 udic 토양수분상을 보유하고, frigid, mesic, isomesic이나 보다 따뜻한 토양온도상을 보유하며, 배수가 다소 양호한 Alfisols이다. 이들 토양은 대부분 후기 홍적세 퇴적층과 거의 동시대의 침식 표면에서 발달한다. 석회석이나 다른 석회질 퇴적층 상부의 보다 오래된 표층에서 발달하는 Udalfs도 있다 (USDA, 1999).

Udalfs는 Natrudalfs, Ferrudalfs, Fraglossudalfs, Fragiudalfs 등 10개 대군으로 분류되고 있다. 용당통은 무기질 토양표면으로부터 100 cm 이내 깊이에 fragipan의 상부경계를 보유하고 있으므로 Fragiudalfs로 분류된다.

Fragiudalfs는 토양 표면에서 100cm 이내 깊이에 fragipan을 보유하고, glossic이나 natric층을 보유하지 않는 Udalfs이다. fragipan 상부에 보통으로 argillic이나 cambic층을 보유한다. 많은 토양에서 산화환원 성인 특성이 무기질토양 표면에서부터 50-100 cm 깊이에서 나타나기 시작한다. fragipan 상부에 지하수가 계절적으로 정체되고, fragipan 바로 위에 얇은 용탈층이 흔히 위치한다 (USDA, 1999).

Fragiudalfs는 Andic, Vitrandic, Aquic, Oxyaquic 및 Typic의 5개 아군으로 분류되고 있다. 용당통은 원래 Aquic Eutrudepts로 분류되고 있는데, Aquic Fragiudalfs의 분류기준은 무기질 토양표면에서 40 cm 이내 깊이의 1개 이상의 층위에서 채도 2 이하의

산화환원 탈리와 평년에 일정기간 동안 aquic 조건을 보유하는 것이다. 그러나 용당통은 Aquic 아군의 분류조건을 충족시키는 것이 아니라 Typic Fragiudalfs의 분류기준을 충족시키고 있다.

용당통은 argillic층의 상부 경계에서 50 cm 이내 깊이에 fragipan이 존재하므로 토성속 제어부위는 argillic층의 상부 경계에서 fragipan의 상부경계까지가 된다. 즉 32~57 cm 깊이이다. 토성속 제어부위에서 직경 75 mm 미만 입자 중 0.1~75 mm 입자 함량이 15% 이상이고, 세토 중 점토함량이 18-35%이므로 fine loamy 토성속에 속한다. 또한 thermic 토양온도상을 보유한다. 따라서 용당통은 Fine loamy, mixed, thermic family of Aquic Eutrudepts가 아니라 Fine loamy, mixed, thermic family of Typic Fragiudalfs로 분류되어야 한다.

현무암에서 유래된 화산회를 모재로 하고 있는 제주도 토양은 주로 Andisols로 생성 발달되고 있다. 그러나 비교적 건조한 제주도 서북부 해안지역의 용암류 평탄지에 분포하는 용당통의 경우 andic 토양 특성을 보유하는 Andisols이나 cambic층을 보유하는 Inceptisols이 아니라 argillic층과 fragipan을 보유하는 Alfisols로 생성 발달된 것이다.

## 요 약

제주도의 서부 및 북부 해안 지역에 분포하고 있으며 Aquic Eutrudepts로 분류되고 있는 용당통을 재분류하기 위하여 용당통 대표단면의 형태적 특성을 조사하고, Soil Taxonomy의 표준 분석방법인 Soil Survey Laboratory Methods Manual에 따라서 토양을 분석하여 laboratory data sheets를 작성하였다.

Ap층(0~14 cm)은 암적갈색(5YR 3/2)의 양토이고, BA층(14~32 cm)은 암갈색(7.5YR 3/2)의 양토, Bt층(32~57 cm)은 암갈색(7.5YR 3/2)의 식양토, Btx1층(57~110 cm)은 암황갈색(10YR 4/6)의 미사질식양토, Btx2층(110+ cm)은 암황갈색(10YR 4/6)의 미사질식양토이다. 현무암을 모재로 하는 토양으로 용암류 평탄지에 분포하며, 주로 밭으로 이용되고 있다.

용당통은 andic 토양 특성을 보유하고 있지 않으며, Bt층에서 Btx2층(32~110+ cm)까지 점토집적층인 argillic 층위를 이루고 있고, 전 토층에서 염기포화도(양이온 합)가 35% 이상으로 높다. 따라서 용당통은 Inceptisols이나 Andisols이 아니라 Alfisols로 분류되어야 한다.

Udic 토양수분상을 보유하고 있으므로 용당통은 Udalfs 아목으로 분류될 수 있다. 무기질 토양표면으로부터 100cm 이내 깊이에 fragipan을 보유하고 있으

므로 대군은 Fragiudalfs로 분류된다.

용당통은 Fragiudalfs의 전형적인 특성을 나타내므로 아군은 Typic Fragiudalfs로 분류된다. 토성속 제어부 위에서 직경 75 mm 미만 입자 중 0.1~75 mm 입자 함량이 15% 이상이고, 세토 중 점토함량이 18-35%이므로 fine loamy 토성속에 속한다. 또한 thermic 토양 온도상을 보유한다. 따라서 용당통은 Fine loamy, mixed, thermic family of Aquic Eutrudepts가 아니라 Fine loamy, mixed, thermic family of Typic Fragiudalfs로 분류되어야 한다.

## 인 용 문 헌

- National Institute of Agricultural Science and Technology(NIAST). 2000. Taxonomical classification of Korean soils. Suwon, Korea.
- RDA(Korea), SMSS, and IBSNAT(U.S.A.). 1988. Proceedings of 18th International Forum on Soil Taxonomy and Agrotechnology Transfer. October 18~30, 1987. Korea.
- Song, K. C. and S. H. Yoo. 1994. Andic properties of major soils in Cheju Island. III. Conditions for formation of allophane. J. Soil Sci. Fert. 24:149-157.
- Song, K. C. 1997. Distribution, and conditions for formation of allophane in soils in Cheju Island. *Minerology and Industry*. 10(2):26-45.
- Song, K. C., S. J. Jung, B. K. Hyun, Y. K. Sonn, and H. K. Kwak. 2005. Classification and properties of Korean soils. In NIAST. Fruits and future prospects for soil survey in Korea. p. 35-107. Suwon, Korea.
- USDA, Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agric. Handbook 436. USDA-SCS. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- USDA, Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. Agricultural Handbook 18. USDA-NRCS, Washington.
- USDA, NRCS. 1995. Soil survey laboratory information manual. Soil Survey Investigations Report No.45. USDA-NRCS, Lincoln, Nebraska
- USDA, NRCS. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report No.42(revised). 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. 2006. Keys to Soil Taxonomy. 10th ed. USDA- NRCS, Blacksburg, Virginia.