

## 제주도 토양인 용흥통의 분류 및 생성

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

국립농업과학원, <sup>1</sup>온난화대응농업연구센터

### Taxonomical Classification and Genesis of Yongheung Series in Jeju Island

Kwan-Cheol Song,\* 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 Yongheung series based on the second edition of Soil Taxonomy and to discuss the formation of Yongheung series in Jeju Island. Morphological properties of typifying pedon of Yongheung series were investigated and physico-chemical properties were analyzed according to Soil Survey Laboratory Methods Manual. The typifying pedon contains 3.2~3.4% oxalate extractable (Al + 1/2 Fe), less than 85% phosphate retention, and higher bulk density than 0.90 Mg m<sup>-3</sup>. That can not be classified as Andisol. But it has an argillic horizon from a depth of 15 to 150 cm and a base saturation (sum of cations) of less than 35% at 125 cm below the upper boundary of the argillic horizon. That can be classified as Ultisol, not as Andisol or Alfisol. The typifying pedon has 0.9 % or more organic carbon in the upper 15 cm of the argillic horizon and accordingly, can be classified as Humult. It has a clay distribution in which the percentage of clay does not decrease from its maximum amount by 20% or more within a depth of 150 cm from the mineral soil surface, and keys out as Palehumult. Also that meets the requirements of Typic Palehumult. That has 35 % or more clay at the particle-size control section and has mesic soil temperature regime. Yongheung series can be classified as fine, mixed, thermic family of Typic Palehumults, not as fine, mixed, thermic family of Typic Hapludalfs. Most soils distributed in the southern coastal areas in Jeju island which have a humid climate are developed as Andisols. But Yongheung series distributed in this areas and derived from mainly trachyte, trachytic andesite, and volcanic ash are developed as Ultisols.

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

## 서 언

화산 폭발에 의하여 형성된 제주도에는 해발 1,950m 인 한라산을 주봉으로 하여 주위에 360여개의 기생화산이 산재되어 있다. 한라산, 그리고 기생화산인 성산 일출봉과 조천읍에 분포하는 검은오름은 우리나라에서는 처음으로 세계자연문화유산으로 등재되어 있어 많은 사람들의 관심을 집중시키고 있다. 제주도 토양의 주 모재는 현무암이고 일부 조면암 및 조면암질 안산암에서 유래되었다. 제주도가 화산 폭발에 의한 수차폐의 용기 작용으로 생성되었으며, 주봉인 한라산의 화산 폭발이 수차폐에 걸쳐 이루어졌을 뿐만 아니라 수많은 기생화산의 폭발 시기가 다르기 때문에 토양에 따라 화산회의 퇴적 양상 및 생성년대가 각각

다르다. 기후와 식생은 고도에 따라 차이가 커서 100 m가 높아질수록 대체로 100~150 mm의 강수량이 증가하며, 식생은 고도에 따라 초생대에서 삼림 및 고산 지대 식생으로 천이되고 있다. 이렇게 기후, 식생, 지형, 생성년대가 다르기 때문에 화산회에서 유래된 토양일지라도 토양 특성이 매우 다양하게 나타나고 있다 (Song, 1997).

Soil Taxonomy에서는 화산회토를 Inceptisols의 아목인 Andepts로 분류했고 제주도 정밀토양조사에서도 이를 적용하여 제주도 토양을 5개 목, 11개 아목, 13개 대군 및 60개의 토양통으로 분류하였었다 (ASI, 1992). 그러나 70년대 말부터 80년대에 화산회토에 대한 연구가 집중적으로 이루어지고, 그 결과 1990년에는 Andisols이라는 새로운 목으로 설정됨으로써, 화산회토에 대한 분류체계가 전적으로 바뀌게 되었다 (USDA, 1990).

1999년에 Soil Taxonomy 개정판 발간 (USDA,

접수 : 2009. 10. 15 수리 : 2009. 12. 3

\*연락처 : Phone: +82312900342,

E-mail: kcsong@korea.kr

1999)으로 토양 분류단위와 분류기준이 대폭적으로 수정됨에 따라 이에 대응하여 우리나라에서는 2000년에 Taxonomical classification of Korean soils을 발간하였다 (NIAST, 2000). 이 때 우리나라에 분포하는 화산회토를 Andisols 목으로 분류하였으나, Andisols 분류기준에 대한 분석 없이 우선적으로 분류명을 변경하였기 때문에 분류기준 충족 여부 판정에 많은 문제를 가지고 있다.

Song (1990)은 Andisols이 새로운 목으로 채택될 경우에 대비하여 제주도 대표토양에 대한 Andic 특성의 충족 여부를 검토하고, 대군 단위까지 분류하였다. 1990년에 Andisols이 Soil Taxonomy의 새로운 목으로 설정되자 Song and Yoo (1991)는 pyrophosphate, dithionite-citrate, oxalate로 침출되는 Al, Fe, Si 등의 함량 뿐만 아니라 allophane, ferrihydrite, Al-유기복합체 등의 함량 분석을 통하여 제주도 화산회토의 andic 토양특성을 보고하였다. 그 후 제주도 화산회토에서의 allophane 생성 조건 (Song and Yoo, 1994; Song, 1997), 흑색 화산회토인 남원통에 대한 분류 (Song et al., 2009b) 등도 학회지에 논문으로 보고된 바 있다. 그러나 Andisols 분류기준에 따른 제주도 토양의 분류 연구는 현재까지도 미진한 실정이며, 그 생성에 대한 연구도 거의 없다.

본 논문에서는 제주도 남부 해안지대의 용암류대지에 Andisols로 분류되는 토양들과 인접하여 주로 분포하며, Alfisols로 분류되고 있는 용흥통을 재분류하고, 그 생성에 대하여 고찰하고자 하였다.

## 재료 및 방법

제주도 남부 해안지대의 용암류대지에 주로 분포하여 Andisols로 분류되는 토양들과 인접하고 있으면서도 Alfisols로 분류되고 있는 용흥통을 선정하여 Andisols 분류기준에 따라 재분류하고, 그 생성을 구명하기 위하여 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, 반분, 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.

Sodium pyrophosphate로 침출되는 알루미늄 (Al<sub>b</sub>), 철 (Fe<sub>p</sub>)은 토양 1g에 0.1M Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 용액 200 ml를 가하여 16시간 진탕하여 침출한 후, 침출액 10 ml에 1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25 ml를 가하여 원심분리시키고 상정액을

을 취하여 원자흡광분광분석기로 정량하였다. Dithionite-citrate로 침출되는 알루미늄 (Al<sub>d</sub>) 및 철 (Fe<sub>a</sub>)은 토양 2 g에 sodium dithionite 2 g과 sodium citrate 20 g을 가하고 증류수 100 ml를 가하여 24시간 진탕시킨 후, 증류수 100 ml를 가하고 원심분리시킨 후 상정액을 취하여 원자흡광분광분석기로 정량하였다. Oxalate로 침출되는 알루미늄 (Al<sub>o</sub>), 철 (Fe<sub>o</sub>), 규소 (Si<sub>o</sub>)는 토양 0.5 g에 pH 3.5, 0.2M NH<sub>4</sub><sup>+</sup> oxalate 50 ml를 가하여 암실에서 4시간 진탕시킨 후 원심분리시키고 상정액을 취하여 원자흡광분광분석기로 정량하였다.

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

## 결과 및 고찰

**용흥통의 분류** Soil Taxonomy에 의하여 토양을 분류할 때 Soil Taxonomy 표준 방법에 따른 official series descriptions과 laboratory data sheets가 요구된다. 용흥통 대표단면의 형태적 특성을 조사한 official series descriptions을 아래에 명기하고, laboratory data sheets를 Table 1에 나타내었다. 또한 용흥통의 대표 단면 사진을 Fig. 1에 나타내었다.

### Official series descriptions of typifying pedon

Location : 200 meters south of Dosun Dong, Seoguipo city, Jeju Do

Landform : lava plain

Slope : 2-7%

Soil moisture regime : Udic

Temperature regime : Thermic

Permeability class : Moderately slow

Drainage class : Well drained

Land use : Citrus orchard

Parent material : Trachyte and volcanic ash derived from trachyte

Diagnostic features : An umbric epipedon from a depth of 0 to 32 cm and an argillic horizon from a depth of 15 to 150cm

Ap - 0 to 15 cm, Very dark grayish brown (10YR 3/2) gravelly silty clay; weak fine to medium granular structure; friable, slightly sticky and slightly plastic; common fine to medium pores; abundant fine to medium roots; 15% gravels; gradual smooth boundary.

BAt - 15 to 32 cm, Very dark grayish brown

(10YR 3/2) gravelly clay; moderate fine to medium granular structure; firm, sticky and plastic; many fine to medium pores; abundant medium to coarse roots; 20% gravels; clear smooth boundary.

Bt1 - 32 to 60 cm. Dark yellowish brown (10YR 4/4) gravelly clay; weak fine to medium subangular blocky structure; firm, very sticky and very plastic; thin patch clay cutans; many medium to coarse pores; common medium to coarse roots; 20% gravels; clear smooth boundary.

Bt2 - 60 to 105 cm. Dark yellowish brown (10YR 4/6) gravelly clay; moderate fine to medium subangular blocky structure; firm, very sticky and very plastic; thick continuous clay cutans; common fine to medium pores; few fine to medium roots; 15% gravels; gradual smooth boundary.

Bt3 - 105 to 130 cm. Dark yellowish brown (10YR 4/2) gravelly clay; strong fine to medium subangular blocky structure; common fine to medium yellowish red (5YR 4/6) Mn mottles; firm, very sticky and very plastic; thick continuous clay cutans; few fine pores; non roots; 15% gravels; clear smooth boundary.

Bt4 - 130 to 150 cm. Yellowish brown (10YR 5/6) gravelly clay; moderate fine to medium subangular blocky structure; few fine to medium strong brown (7.5YR 4/6) Mn mottles; very

sticky and very plastic; thick continuous clay cutans; few fine pores; non roots; 20% gravels.

용흥통은 현재 fine, mixed, thermic family of Typic Hapludalfs로 분류되고 있다 (NIAST, 2000). Ap층 (0~15 cm)은 암갈색(10YR 3/3)의 자갈이 있는 미사질 식토이고, BAt층(15~32 cm)은 농암회갈색 (10YR 3/2)의 자갈이 있는 식토, Bt1층 (32~60 cm)은 암황갈색 (10YR 4/4) 자갈이 있는 식토, Bt2층 (60~106 cm)은 암황갈색 (10YR 4/6) 자갈이 있는 식토, Bt3층 (106~130 cm)은 암황갈색 (10YR 4/4)의 자갈이 있는 식토, Bt4층 (130~150 cm)은 황갈색 (10YR 5/6)의 자갈이 있는 식토이다.

용흥통은 현재 홍적층을 모재로 하고 있으며, 용암류 대지에 분포하는 것으로 되어 있다 (NIAST, 2000). 그러나 서귀포·하효리 도폭 지질보고서 (1:5,000) (JPG, 2000)에 의하면 용흥통은 조면암과 조면암질 안산암 지대에 주로 분포하고 일부 조면 현무암 지대에 분포하고 있다. 즉 용흥통은 조면암과 조면암질 안산암 및 이들 암석에서 유래된 화산회를 모재로 하는 토양이다. 주로 제주도 남부 해안지역의 용암류 대지에 분포하며, 대부분 감귤원으로 이용되고 있다. udic 토양수분상과 thermic 토양온도상을 보유하며, 배수등급은 양호이다.

용흥통은 0~32 cm 깊이에서 umbric 감식표층을 보유하고, 15~150 cm 깊이에서 상부 층위에 비하여 점토 함량이 기준 이상으로 높고, 점토 이동의 근거인 점토피막이 있는 argillic층을 보유하고 있다.

제주도 남부 해안지역에는 Andisols로 분류되는 토양들이 주로 분포하고 있으나 이들 토양들과 인접하여 분포하고 있는 용흥통은 현재 Alfisols로 분류되고



Fig. 1. The typifying pedon of Yongheung 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) -----													
0-15	Ap	38.8	50.5	10.7					3.1	2.5	1.9	2.4	0.8
15-32	BAt	59.7	33.8	6.5					2.4	1.8	0.9	0.8	0.7
32-60	Bt1	59.3	33.5	7.2					3.3	2.1	0.9	0.6	0.3
60-105	Bt2	52.4	35.8	11.8					5.1	4.5	1.5	0.6	0.1
105-130	Bt3	52.1	38.0	9.9					4.0	2.7	1.5	1.3	0.4
130-150	Bt4	58.3	31.9	9.8					4.4	2.9	1.3	0.8	0.3
150+	C	34.1	61.8	4.1					1.0	1.1	1.1	0.9	0.1

  

Depth (cm)	Coarse Fractions(mm)				2mm Wt	Orgn C	Total N	P Ret.	Total S	Dith -Cit Extractable		
	2-5	5-20	20-75	.1-75						Fe	Al	Mn
					Pct of Whole	6A1c	6B3a	6S3	6R3a	6C2b	6G7a	6D2a
Pct of < 75mm (3B1)					Soil			----- Pct of < 2mm -----				
0-15						2.13		72.7		5.62	0.84	
15-32						1.43		82.0		6.26	1.03	
32-60						0.93		84.5		6.11	1.04	
60-105						0.39						
105-130						0.31						
130-150						0.47						
150+						0.12						

  

Depth (cm)	Ratio/Clay		Atterberg		Bulk Density			COLE Whole Soil	Water Content				WRD Whole Soil
	CEC	1500	Limits		Field	33	Oven		Field	10	33	1500	
	8D1	8D1	LL	PI	Moist	kPa	Dry	4D1	Moist	kPa	kPa	kPa	4C1
			4P	4P	4A3a	4A1d	4A1h		4B4	4B1c	4B1c	4B2a	
Pct < 0.4mm					----- g/cc -----			cm/cm	----- Pct of < 2mm -----				cm/cm
0-15	0.61				1.21				27.1	33.9	29.2		
15-32	0.29				1.42				23.4	30.2	27.7		
32-60	0.28				1.29				36.1	33.0	30.4		
60-105	0.31				1.33				38.6	37.5	35.0		
105-130	0.31				1.29				42.9	41.5	38.0		
130-150	0.31				1.30				39.4	41.3	36.7		
150+	0.56								47.1	41.0			

  

Depth (cm)	NH <sub>4</sub> OAc Extractable Bases					Acid- ity	Extr Al	CEC			Al Sat
	Ca	Mg	K	Na	Sum			Sum	NH <sub>4</sub> - OAc	Bases + Al	
	5B5a	5B5a	5B5a	5B5a	Bases	6H5a	6G9a	Cats	5A8b	5A3b	5G1
	6N2e	6O2d	6Q2b	6P2b				5A3a	5A8b	5A3b	
----- meq / 100g -----											
0-15	1.1	0.4	0.33	0.1	1.9	40.0	4.7	41.9	23.6	6.6	71.2
15-32	0.5	0.3	0.36	0.1	1.3	32.5	4.1	33.8	17.1	5.4	75.9
32-60	3.8	2.2	1.48	0.1	7.6	21.5	0.2	29.1	16.9	7.8	2.6
60-105	4.5	1.8	1.23	0.1	7.6	18.0	0	25.6	16.1	7.6	0
105-130	4.9	2.0	0.65	0.2	7.8	18.0	0	25.8	15.9	7.8	0
130-150	4.2	2.0	0.43	0.2	6.8	23.5	0.1	30.3	17.9	6.9	1.4
150+	5.4	2.5	0.51	0.1	8.5	22.5	0	31.0	19.2	8.5	0



Table 1. Laboratory data sheets of typifying pedon.

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 -----		
0-15	4.6	8.2			0.3	9.5	3.3	3.8	4.2		1.63	3.44	0.41
15-32	3.7	7.4			0.7	9.7	3.5	3.9	4.0		1.91	2.49	0.66
32-60	26.1	44.9			0.3	9.7	4.3	4.8	5.1		1.88	2.82	0.60
60-105	29.8	47.4			0.3		5.0	5.3	5.4				
105-130	30.1	48.7			0.3		5.1	5.4	5.5				
130-150	22.5	38.2			0.5		4.5	4.9	5.0				
150+	27.4	44.3			0.5		4.9	5.3	5.4				

있다. Andisols 분류 기준에 따라 용홍통의 대표단면을 분석한 결과 oxalate 침출성 (Al + 1/2 Fe) 함량은 3.2~3.4%로 andic 토양 특성의 분류기준을 충족시키고 있으나, 인산보유능이 72.7~84.5%로 85% 미만이며, 용적밀도가 1.21~1.42 Mg m<sup>-3</sup>으로 0.90 Mg m<sup>-3</sup> 이상이다. 따라서 용홍통은 Andic 토양 특성을 보유하고 있지 않으므로 Andisols로 분류할 수 없다. 그러나 BA4층에서 Bt4층 (15~150 cm)까지 점토집적층인 argillic층을 보유하고 있다. 기준 깊이에서의 염기포화도(양이온 함) 값에 의하여 Alfisols 또는 Ultisols로 분류되는데, 용홍통의 경우 기준깊이인 argillic층 상부 경계 아래 125 cm 깊이인 140 cm 깊이에서 뿐만 아니라 전 토층에서 염기포화도(양이온 함)가 35% 미만이다. 따라서 용홍통은 Andisols, 또는 Alfisols이 아니라 Ultisols로 분류되어야 한다.

Ultisols은 온난습윤한 우리나라의 기후조건에서 전형적으로 생성될 수 있는 토양으로 우리나라에서는 화강암, 화강편마암, 편암과 같은 산성암에서 발달하고, 홍적대지와 경사가 낮은 구릉지 및 산록경사지의 잔적지에 분포한다. 주로 밭으로 이용되나, 일부 자연초지와 산림으로 이용되기도 한다. 이 토양은 주로 우리나라의 서부 및 서남부에 분포한다 (Song et al., 1985).

Ultisols은 Aquults, Humults, Uduults, Ustults 및 Xerults의 5개 아군으로 분류되고, 유기물 함량에 의하여 결정되는 Humults를 제외한 4개 아목은 토양수분상에 따라 분류되고 있다 (USDA, 1999). 우리나라에 분포하는 Ultisols은 Uduults 1개의 아목으로 분류되고 있는데 (NIAS, 2000), 최근에 홍적대지에 분포하는 토양인 장호통이 Humults로 분류된 바 있다 (Song et al., 2009a).

용홍통의 경우 argillic 층위의 상부 15 cm 깊이에서 유기탄소 함량이 14.3 g kg<sup>-1</sup>으로 9 g kg<sup>-1</sup> 이상이라는 조건을 충족시키고 있으며, 또는 1 m<sup>2</sup> 면적의 깊이 100 cm까지 단위 용적당 유기탄소 함량이 12.8 kg으

로 12 kg 이상이라는 분류기준을 충족시키므로 아목은 Humults로 분류된다. 즉 용홍통은 장호통과 더불어 우리나라에 분포하지 않는 것으로 보고되고 있는 Humults로 분류되는 것이다.

Humults는 Sombrihumults, Plinthohumults, Kandihumults, Kanhaplohumults, Palehumults 및 Haplohumults의 6개 대군으로 분류되고 있다. 용홍통의 경우 기준 깊이에서 fragipan, kandic층, sombric층, plinthite 등을 보유하지 않는다. 무기질 토양표면에서 150 cm 이내 깊이에 암석질이나 준암석질 접촉면 등이 없으며, 무기질 토양표면에서 150 cm까지 깊이의 argillic 층위에서 점토함량이 최대치와 비교하여 20% 이상 감소되는 층위가 없다. 따라서 대군은 Palehumults로 분류된다. 장호통이 Haplohumults 대군으로 분류되는데 (Song et al., 2009a) 비하여 용홍통은 Palehumults 대군으로 분류되는 것이다.

Palehumults는 Aquandic, Andic, Aquic, Plinthic 등 8개 아군이 분류되고 있는데, 용홍통은 Andisols로 분류되는 토양들과 인접하여 분포하나 Ap층의 용적밀도가 1.21 Mg m<sup>-3</sup>으로 andic 아군의 분류조건을 충족시키지 못하고 전형적인 Palehumults인 Typic Palehumults의 분류기준을 충족시키고 있다.

토성속 제어부위인 argillic층 상부 50 cm 깊이, 즉 무기질 토양표면에서 15~65 cm 아래 깊이에서의 점토함량이 35% 이상이므로 fine 토성속에 속한다. 토양온도속 제어부위인 토양표면에서 50 cm 아래 깊이에서의 토양온도가 여름과 겨울철 평균온도에 있어서 6°C 이상 차이가 나고, 연평균 토양온도가 15~22°C가 되므로 thermic 토양온도상에 속한다. 따라서 용홍통은 fine, mixed, thermic family of Typic Hapludalfs가 아니라 fine, mixed, thermic family of Typic Palehumults로 분류되어야 한다.

**용홍통의 생성** 제주도 남부 해안지역에는 Andisols로 분류되는 토양들이 주로 분포하고 있으나

이들 토양들과 인접하여 분포하고 있는 용흥통은 Ultisols로 생성 발달되고 있다. 용흥통의 경우 oxalate 침출성 (Al + 1/2 Fe) 함량이 3.2~3.4%로 andic 토양 특성의 분류기준을 충족시키고 있으며, 인산보유능도 72.7~84.5%로 85% 이상이라는 분류기준에 근사한 값을 보이고 있다. 그러나 용적밀도가 1.21~1.42 Mg m<sup>-3</sup>으로 0.90 Mg m<sup>-3</sup> 이하라는 andic 토양 특성의 분류기준을 충족시키지 못하기 때문에 Andisols이 아니라 Ultisols로 분류된다. 즉 용흥통은 Ultisols로 분류되고 있지만 Andisols 특성을 상당 부분 보유하고 있다.

제주도 서부 및 북부 해안지방에는 층형 규산염 점토광물을 주광물로 하고 있는 non-Andisols 토양이 주로 분포하고 있으며 그 외의 지역에서는 알로판 또는 Al-유기복합체가 주가 되는 Andisols 토양이 주로 분포하는 데에는 기후, 식생, 화산회의 퇴적 양식, 생성년대, 지형적 영향 등이 작용하는데, 특히 기후의 영향이 매우 크다고 생각된다 (Song, 1997).

일반적으로 연평균 강우량이 800-2,500 mm인 udic 토양수분권에서 알로판이 생성되는데 (Parfitt와 Kimble, 1989), 제주도 해안지방에서의 연평균 강우량은 1,090~1,850 mm로 알로판이 생성될 수 있을 만큼 많은 편이다. 그러나 바람이 세기 때문에 증발산량도 많다. 서부 해안지역인 고산과 북부 해안지역인 제주시의 경우 연평균 강우량이 각각 1,090 mm 및 1,460 mm로 동부와 남부 해안지역인 성산포와 서귀포의 1,840 mm 및 1,850 mm에 비하여 360~760 mm나 적으며, 비교적 건조한 편이다 (KMA, 2001). 해발고도별 기후 변화를 보면 지대가 100 m 높아짐에 따라 연평균 기온은 0.8°C씩 낮아지고, 강우량은 110 mm 많아지는 경향이다. 중산간 지역에서도 동부와 서부 지역 간에 온도 차이는 거의 없으나, 강우량은 해안지방과 마찬가지로 동부지역이 서부지역보다 900 mm 많다 (JARES, 1991). 이러한 강우량 차이는 우리나라에서 제주도를 제외하고서 강우량이 가장 많은 지역과 가장 적은 지역과의 차이보다 더 크다.

Parfitt와 Clayden (1991)은 ustic 토양수분권의 화산회토에서는 주로 할로이사이트가 생성되고, 알로판은 거의 생성되지 않기 때문에 Andisols로 분류되는 경우가 거의 없다고 보고하였다. 같은 화산회에서 유래된 토양일지라도 건조한 저지대에서는 할로이사이트와 같은 층형 규산염 점토광물을 주광물로 하는 토양이 생성되고, 해발이 높아짐에 따라 온도가 낮아지고 강우량이 많아져 증발산량이 감소되기 때문에 알로판을 주 점토광물로 하는 화산회토가 생성된다는 것이 뉴질랜드 (Parfitt and Kimble, 1989), 하와이 (Parfitt et al., 1988), 미국 워싱턴주 (Hunter and Busacca,

1987), 르완다 (Mizota and Chapelle, 1988) 등의 화산회토에서 보고되었다.

이러한 보고들처럼 비교적 건조한 제주도 서부 및 북부 해안지방에는 층형 규산염 점토광물을 주광물로 하고 있는 non-Andisols 토양이 주로 생성 발달되고, 보다 습윤한 그 외의 지역에서는 알로판 또는 Al-유기복합체가 주가 되는 Andisols 토양이 주로 생성 발달한 것이라고 생각된다. 그러나 용흥통의 경우 강우량이 1,800 mm 내외로 비교적 많은 남부 해안지역에 주로 분포하고 있기 때문에 기상인자 단독으로는 용흥통의 생성 발달을 해석할 수 없다.

화산회 퇴적물은 풍화속도가 빠르기 때문에 용해도가 매우 낮은 Al과 Fe의 풍화속도도 빠르다. 유기물 급원이 많은 온난 습윤 기후 조건하에서 화산회 퇴적물의 급속한 풍화의 결과로 생성되는 Al 또는 Fe과 유기물이 결합하여 Al(Fe)-유기복합체 생성이 촉진된다. Al-유기복합체는 미생물 분해에 대한 저항성이 크기 때문에 다량의 유기물 집적을 유발시킨다. 유기물이 다량으로 집적되면 유기산의 해리에 의하여 pH는 더욱 낮아지며, pH가 낮고 유기산의 활성이 증대될수록 Al-유기복합체의 생성이 촉진된다 (Dahlgren et al., 1991). 그러나 pH가 5.0 이상으로 높아지거나 유기물 공급이 제한되면 Al-유기복합체 생성이 둔화되고, Al이 Si와 공침되어 알로판 또는 이모골라이트를 형성하고, Fe은 페리하이드라이트로 침전된다 (Mizota and van Reeuwijk, 1989).

조면암과 안산암은 염기성암인 현무암에 비하여 풍화속도가 느리기 때문에 Al-유기복합체나 알로판보다는 층형 점토광물을 쉽게 생성할 것이라고 생각된다. 따라서 용흥통의 경우 강우량이 비교적 많은 제주도 남부 해안지역에 분포하고 있으면서도 조면암, 조면암질 안산암 및 이들 암석에서 유래된 화산회를 모재로 하고 있기 때문에 Andisols로 생성 발달한 인접 토양들과는 달리 non-Andisols 토양으로 생성 발달한 것이라고 생각된다.

이와 유사한 토양 생성은 제주도 서남부 해안지역의 조면암 지대에 분포하는 대평통이 non-Andisols로 생성 발달한 것을 들 수 있다. 또한 울릉도가 제주도와 같은 화산섬이면서도 조면암과 조면 안산암의 분포 지대가 넓기 때문에 Andisols은 부분적으로 생성되고 층형 규산염 점토광물을 주 광물로 하는 토양이 주로 생성되었다고 생각된다.

Andisols로 생성 발달되지 않은 용흥통은 안정한 지형인 용암류 대지에 분포하고 있으므로 토양이 거의 침식되지 않고 축적물이 별로 퇴적되지 않기 때문에 오랫동안 토양수의 하향이동에 따른 점토 집적작용과 염기 용탈작용을 받게 된다. 그 결과 점토집적층인

argillic층이 생성되고, argillic층 상부경계에서 125cm 아래 깊이인 140cm 깊이에서 염기포화도 (양이온 합)가 35% 미만으로 강산성 토양인 Ultisols로 생성 발달한 것이다. 그러나 Andisols로 분류되는 토양들과 인접하여 분포하고 있어서 Andisols 특성을 상당 부분 보유하고 있기 때문에 Ultisols 중에서도 Humults로 생성 발달한 것으로 생각된다.

## 요 약

제주도 남부 해안지대의 용암류대지에 Andisols로 분류되는 토양들과 인접하여 주로 분포하며, Alfisols로 분류되고 있는 용흥통을 재분류하고, 그 생성에 대하여 고찰하고자 용흥통 대표단면의 형태적 특성을 조사하고, Soil Taxonomy의 표준 분석방법인 Soil Survey Laboratory Methods Manual에 따라서 토양을 분석하여 Laboratory data sheets를 작성하였다.

oxalate 침출성 ( $Al + 1/2 Fe$ ) 함량은 3.2~3.4%로 andic 토양 특성의 분류기준을 충족시키고 있으나, 인산보유능이 72.7~84.5%로 85% 미만이며, 용적밀도가 1.21~1.42  $Mg m^{-3}$ 으로 0.90  $Mg m^{-3}$  이상이다. 따라서 용흥통은 Andic 토양 특성을 보유하고 있지 않으므로 Andisols로 분류할 수 없다. 반면에 BAt층에서 Bt4층 (15~150 cm)까지 점토집적층인 argillic층을 보유하고 있으며, 기준깊이에서의 염기포화도 (양이온 합)가 35% 미만이므로 Andisols, 또는 Alfisols이 아니라 Ultisols로 분류되어야 한다.

Argillic 층위의 상부 15 cm 깊이에서 유기탄소 함량이 9  $g kg^{-1}$  이상이므로 아목은 Humults로 분류된다. 무기질 토양표면에서 150 cm 이내 깊이에 암석질이나 준암석질 접촉면 등이 없으며, 무기질 토양표면에서 150 cm까지 깊이의 argillic 층위에서 점토함량이 최대치와 비교하여 20% 이상 감소되는 층위가 없으므로 대군은 Palehumults로 분류된다.

Andisols로 분류되는 토양들과 인접하여 분포하나 Ap층의 용적밀도가 1.21  $Mg m^{-3}$ 으로 andic 아군의 분류조건을 충족시키지 못하므로 아군은 Typic Palehumults로 분류된다. 토성속 제어부위에서의 점토 함량이 35% 이상이고, thermic 토양온도상을 보유하고 있으므로 용흥통은 fine, mixed, thermic family of Typic Hapludalfs가 아니라 fine, mixed, thermic family of Typic Palehumults로 분류되어야 한다.

비교적 건조한 제주도 서부 및 북부 해안지방에는 층형 규산염 점토광물을 주광물로 하고 있는 non-Andisols 토양이 주로 생성 발달되고, 보다 습윤한 그 외의 지역에서는 알로판 또는 Al-유기복합체가 추가되는 Andisols 토양이 주로 생성 발달하고 있다. 그러나 용흥통의 경우 강우량이 1,800 mm 내외로 비교적

많은 제주도 남부 해안지역에 분포하고 있으면서도 조면암, 조면암질 안산암 및 이들 암석에서 유래된 화산회를 모재로 하고 있기 때문에 non-Andisols 토양으로 생성 발달한 것이라고 생각된다.

Andisols로 생성 발달되지 않은 용흥통은 안정한 지형인 용암류 대지에 분포하고 있으므로 토양이 거의 침식되지 않고 축적물이 별로 퇴적되지 않기 때문에 오랫동안 토양수의 하향이동에 따른 점토 집적작용과 염기 용탈작용을 받게 된다. 그 결과 점토집적층인 argillic층이 생성되고, 기준 깊이에서의 염기포화도 (양이온 합)가 35% 미만으로 강산성 토양인 Ultisols로 생성 발달한 것이다. 그러나 Andisols로 분류되는 토양들과 인접하여 분포하고 있어서 Andisols 특성을 상당 부분 보유하고 있기 때문에 Ultisols 중에서도 Humults로 생성 발달한 것으로 생각된다.

## 인 용 문 헌

- Agricultural Sciences Institute(ASI). 1992. General remarks of Korean soils. revised edition.
- Dahlgren, R. A., F. C. Ugolini, S. Shoji, T. Ito, and R. S. Sletten. 1991. Soil-forming processes in Alic Melanudand under Japanese pampas grass and oak. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1049-1056.
- Hunter, C. R. and A. J. Busacca. 1987. Pedogenesis and surface charge of some Andic soil in Washington, U.S.A. *Geoderma.* 39:249-265.
- Jeju Provincial Government (JPG). 2000. Geologic report of the Seogui-po-Hahyori sheet. Scale 1:50,000.
- Jeju Do Agricultural Research and Extension Service (JARES). 1991. Climatological report of mid-mountaineous area in Jeju Island.
- Korea Meteorological Administration (KMA). 2001. Climatological normals of Korea(1971-2000).
- Mizota, C. and J. Chapelle. 1988. Characterization of some Andepts and Andic soils in Rwanda, Central Africa. *Geoderma.* 41:193-209.
- Mizota, C. and L. P. van Reeuwijk. 1989. Clay mineralogy and chemistry of soils formed in volcanic material in diverse climatic regions. *Soil Monograph 2.* TSRIC. Wageningen, Netherlands.
- National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAS). 2000. Taxonomical classification of Korean soils.
- Parfitt, R. L. and M. Saigusa. 1985. Allophane and humus aluminum in Spodosols and Andepts formed from the same volcanic ash beds in New Zealand. *Soil Sci.* 139:149-255.
- Parfitt, R. L., C. W. Childs, and D. N. Eden. 1988. Ferrihydrite and allophane in four Andepts from Hawaii and implications for their classification. *Geoderma.* 41:223-241.
- Parfitt, R. L. and J. M. Kimble. 1989. Conditions for formation of allophane in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:971-977.
- Parfitt, R. L. and B. Clayden, 1991. Andisols-The development of a new order in Soil Taxonomy. *Geoderma.* 49:181-198.
- Song, K. C. 1990. Andic properties of major soils in Cheju Island.

- Ph.D. Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea.
- Song, K. C. and S. H. Yoo. 1991. Andic properties of major soils in Cheju Island. I. Characterization of volcanic ash soils by selective dissolution analysis. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 24:86-94.
- Song, K. C. and S. H. Yoo. 1994. Andic properties of major soils in Cheju Island. III. Conditions for formation of allophane. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 27:149-157.
- 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.
- Song, K. C., B. K. Hyun, Y. K. Sonn, Y. S. Zhang, and C. W. Park. 2009a. Taxonomical classification of Jangho series. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:330-335.
- Song, K. C., B. K. Hyun, Y. K. Sonn, H. C. Lim, and S. C. Lee. 2009b. Taxonomical classification of Namweon series, black volcanic ash soils. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:384-391.
- 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 Staff. 1990. *Keys to Soil Taxonomy.* SMSS Technical Monograph No. 19, 4th ed. USDA-SMSS, Blacksburg, Virginia.
- USDA, Soil Survey Division Staff. 1993. *Soil Survey Manual.* Agricultural Handbook 18. USDA-NRCS, Washington.
- USDA, NRCS. 1996. *Soil survey laboratory methods manual.* Soil Survey Investigation 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.