

## Soil Physico-chemical Properties by Land Use of Anthropogenic Soils Dredged from River Basins

Jun-Hong Park\*, Sang-Jo Park, Jong-Gun Won, Suk-Hee Lee, Dong-Hwan Seo, and So-Deuk Park

GyeongSangBuk-Do Agriculture Research and Extension Services, Daegu 41404, Korea

(Received: August 1 2016, Revised: August 26 2016, Accepted: August 26 2016)

This study was conducted to analyze soil physico-chemical properties of agricultural land composed from the river-bed sediments. We investigated the changes of soil physico-chemical properties at 30 different sampling sites containing paddy, upland and plastic film house from 2012 to 2015. pH, exchangeable calcium and magnesium decreased gradually in paddy soils during the four years, whereas the available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, exchangeable Ca, Mg and EC increased in upland and plastic film house soil. For the soil physical properties, bulk density and hardness of topsoil were 1.47 g cm<sup>-3</sup> and 21.5 mm and those of subsoil were 1.71 g cm<sup>-3</sup> and 25.7 mm in paddy soils. In upland soils, bulk density and hardness of topsoil were 1.48 g cm<sup>-3</sup> and 15.9 mm and those of subsoil were 1.55 g cm<sup>-3</sup> and 16.9 mm. In plastic film house soils, bulk density and hardness of topsoil were 1.42 g cm<sup>-3</sup> and 14.4 mm and those of subsoil were 1.40 g cm<sup>-3</sup> and 18.5 mm, respectively. The penetration hardness was higher than 3 MPa below soil depth 20 cm, and it is impossible to measure below soil depth 50 cm. As these results, in agricultural anthropogenic soils dredged from river basins, the pH, amount of organic matter and exchangeable cations decreased and soil physical properties also deteriorated with time. Therefore, it is needed to apply more organic matters and suitable amount of fertilizer and improve the soil physical properties by cultivating green manure crops, deep tillage, and reversal of deep soils.

**Key words:** Anthropogenic soils, Penetrometer cone index, Physico-chemical properties

### The change of soil chemical properties according to land use in anthropogenic soil.

Land use	Year	pH	OM	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. cations			EC
					K	Ca	Mg	
		(1:5)	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	-----	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-----	dS m <sup>-1</sup>
Paddy	2012	7.0a <sup>†</sup>	10.2a	74b	0.14a	6.25a	1.79a	0.23b
	2013	6.6b	8.1a	138a	0.17a	4.95b	1.36ab	0.21b
	2014	6.4b	10.1a	76b	0.23a	4.88b	1.47ab	0.81a
	2015	5.6c	9.5a	78b	0.17a	4.74b	1.12b	0.40ab
Upland	2012	7.0a	8.5b	100b	0.19b	4.25a	1.33a	0.25b
	2013	6.7a	10.1ab	295a	0.63a	3.44a	1.18a	0.45b
	2014	7.1a	14.5a	408a	0.96a	4.30a	1.65a	0.77a
	2015	6.8a	9.9ab	373a	0.74a	4.17a	1.25a	0.77a
Plastic film house	2012	6.8a	9.1b	89c	0.15b	5.85b	1.87c	0.29c
	2013	6.8a	13.8ab	297b	0.67a	5.65b	2.28bc	1.59b
	2014	7.0a	18.6a	388ab	0.63a	7.86a	3.04a	1.44b
	2015	6.7a	17.0a	441a	0.81a	8.84a	2.77ab	2.93a

<sup>†</sup>The same letters within a column are not significantly different (Duncan test,  $p < 0.05$ ).

\*Corresponding author: Phone: +82533200456, Fax: +82533200295, E-mail: pjh1@korea.kr

§Acknowledgement: This research was supported by Rural Development Administration (PJ01221308), Korea.

## Introduction

자연토양 상태에서 연속적인 토양 층위나 토양 분류특성에 변화를 줄 수 있는 정도의 인위적 영향이 있는 경우 인위 토양으로 규정하고 있다 (Dudal et al., 2002; Chun et al., 2015). 인위토양은 여러 가지 형태로 존재하나 우리나라에서는 대표적으로 매립형 인위토양과 적토형 인위토양으로 나뉘어 진다. 매립형 인위토양은 원토양을 걷어낸 후 준설토를 하부에 쌓고 그위에 다시 원토양을 덮는 형태의 토양이며, 적토형 인위토양은 원토양 위에 준설토를 쌓아 올려 놓는 형태이다. 현재 우리나라 적토형 인위토양은 성주, 평창 등의 지역에 채석류 등의 재배를 위하여 대규모로 쌓은 누적 적토형 인위토양 (4,630 ha)과 4대강 주변의 리모델링 농경지 등 수 m씩 한번에 쌓은 매립 적토형 인위토양 (약 9,000 ha) 등이 있다 (Lee et al., 2013).

이러한 인위토양은 자연 토양과 비교해 보면 토양 물리성, 화학성 뿐만 아니라 토양내 미생물학 분포의 다양성에도 변화를 일으키고 있어 인위토양 특성들을 고려해서 차별화된 토양관리가 필요하며 (Dudal et al., 2002; Volungevicius and Skorupskas, 2011), 특히 물리성 측면에서 토양 내부에 불연속적인 층위 생성에 의하여 배수불량을 일으킨다고 보고되고 있다 (Ibrahim et al., 2011). 논토양에서 생성학적 또는 인위적인 원인으로 경반층이 형성되면, 벼 뿌리가 뻗을 수 있는 근권 축소와 용적밀도의 증가에 따른 토양 산소 부족으로 뿌리 성장에 저해를 받는다. 또한 경반층은 주변 토양보다 지온이 낮아 유·무기태 질소, 인산, 철, 망간 등 양분의 가급도가 저하되어 양분흡수 불균형을 초래하게 된다 (HARI, 2005).

국내에서도 인위적으로 변경된 토양에서의 수분보유특성 해석 모형의 적용 (Hur et al., 2010), 하천 퇴적토양의 이화학적 특성 (Zhang et al., 2011), 적토형 인위토양의 공간변이 비교 연구 (Sonn et al., 2012), 인위토양의 분류기준 설정 (Lee et al., 2013) 등에 대한 연구가 수행되었다.

현재까지는 이런 물리성과 화학성의 급격한 변화와 미생물상의 퇴화에 대해 명확하고 구체적인 연구가 없었고 문제점에 대한 뚜렷한 해결책이 제시되고 있지 않다.

본 연구에서는 적토형 인위토양으로 조성된 농경지 토양의 건전성 유지와 지속적인 토양관리를 위하여 토지이용 형태와 연차간 이화학적 특성 변화를 조사하였다.

## Materials and Methods

적토형 인위토양으로 조성된 농경지의 토양 이화학적 특성을 주기적으로 조사하기 위하여 2012년 인위토양 조성 직후부터 구미, 성주, 칠곡지역의 경지 이용형태를 논, 밭, 시설재배지로 구분하여 각 10지점을 정점으로 지정하여 2015년까지

토양화학적 변화와 물리성을 조사하였다. 경지이용 형태별 논, 밭, 시설재배지의 시료채취 지점과 토성은 Table 1과 같으며 작물이 재배되기 전인 3-4월에 토양시료를 채취하였다. 토양 채취지점은 현지에서 GPS를 이용하여 좌표를 측정하였고, 토양깊이별로 0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm로 구분하여 채취하였으며, 채취한 토양은 그늘에서 풍건하여 2 mm 체를 통과시켜 조제하였다.

토양의 화학성분분석은 농촌진흥청 토양화학분석법 (NAAS, 2010a)에 따라 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5 (w/w)로 하여 진탕한 후 pH meter로 측정하였고, 이 현탁액에 대하여 전기전도도 (EC, electrical conductivity)를 측정하였다. 유기물은 Tyurin법으로, 유효인산은 Lancaster법으로, 치환성양이온은 1M 암모늄아세테이트 용액 (pH 7.0)으로 침출하여 분석하였다. 토양 물리성은 직경  $5 \times 5$  cm 실린더 코어 (Cylinder Core)를 이용하여 3반복 채취하여 5 cm 길이로 절단하여 토양을 105°C에서 24시간 건조시켜 흡착된 수분을 제거한 후 건조토양의 무게를 대상으로 고체가 차지하는 부피를 고상 (%), 물이 차지하는 부피를 액상 (%), 100%에서 액상과 고상을 뺀 값을 기상 (%)으로 하여 계산하였으며, 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)에 준하여 용적밀도, 공극률 등을 분석하였다. 토양경도는 야마나카 토양경도계를 이용하여 각각 측정하였다. 토양 깊이에 따른 경도는 관입식 경도계 (DIK-5521, Japan)로 측정하였으며, 측정범위는 6.0 Mpa 이하, Cone top angle 60°, Cone cross section area 1 cm<sup>2</sup>이었으며, 관입경도 측정은 이용형태별로 3지점을 5반복으로 측정하였고 평균값으로 나타내었다. 논토양의 관입경도 측정 위치는 구미 (N 36.15.14, E 128.20.40; N 36.12.26, E 128.20.20), 칠곡 (N 35.58.48, E 128.22.39)이었고, 밭토양에서는 구미 (N 36.14.59, E 128.20.47; N 36.16.15, E 128.20.05), 칠곡 (N 36.16.17, E 128.20.14)이었고, 시설재배지 토양은 구미 (N 36.15.27, E 128.20.37), 칠곡 (N 35.58.32, E 128.22.51), 성주 (N 35.53.14, E 128.21.17)이었으며, 관행 논토양은 칠곡 (N 35.58.35, E 128.33.24) 지역에서 측정하였다.

통계분석은 SAS 프로그램 (Ver. 9.2, SAS, Cary, NC, USA)을 이용하였으며, 5% 수준에서 처리간 차이의 통계적 유의성을 검토하였다.

## Results and Discussion

인위토양으로 조성된 농경지 토양을 논, 밭, 시설재배지로 구분하여 토양물리성을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 인위토양으로 조성된 농경지 논토양의 표토에서는 용적밀도, 공극률, 경도가 각각 1.47 Mg m<sup>-3</sup>, 44.6%, 21.5 mm이었고, 심토에서는 1.71 Mg m<sup>-3</sup>, 35.5%, 25.7 mm로 표토에 비해 심토에서 더 딱딱한 것으로 조사되었다. 밭토양의 표

**Table 1. Sampling site and particle distribution of anthropogenic soils.**

Region	No.	Sampling site		Anthropogenic soils				Soil use
		Latitude	longitude	Sand	Silt	Clay	Texture	
Gumi	1	36.15.14	128.20.40	70.7	25.3	4.0	SL <sup>†</sup>	P <sup>‡</sup>
	2	36.14.55	128.20.42	74.3	21.7	4.0	SL	P
	3	36.15.24	128.20.43	61.5	30.1	8.4	SL	P
	4	36.12.28	128.21.02	51.9	41.3	6.8	L	P
	5	36.12.26	128.20.20	50.0	41.5	8.4	L	P
	6	36.12.18	128.20.58	57.0	36.2	6.8	SL	P
	7	36.15.21	128.20.33	87.9	9.3	2.3	LS	U
	8	36.14.59	128.20.47	69.7	22.2	8.1	SL	U
	9	36.14.36	128.20.51	66.1	28.7	5.2	SL	U
	10	36.15.10	128.20.33	68.7	25.9	5.4	SL	U
	11	36.16.15	128.20.05	56.8	35.8	7.4	SL	U
	12	36.16.07	128.20.11	79.3	11.3	7.4	SL	U
	13	36.16.17	128.20.14	72.6	20.5	6.9	SL	U
	14	36.12.21	128.21.02	66.7	28.0	5.3	SL	U
	15	36.15.10	128.20.42	68.4	24.7	6.8	SL	G
	16	36.15.27	128.20.37	27.7	59.5	12.8	SiL	G
	17	36.14.55	128.20.40	56.8	32.8	10.3	SL	G
	18	36.12.10	128.20.29	79.3	11.0	8.7	SL	G
	19	36.12.03	128.20.55	72.6	18.7	8.7	SL	G
Chilgok	1	35.58.41	128.22.44	79.5	12.8	7.7	SL	P
	2	35.58.48	128.22.39	68.4	23.3	8.3	SL	P
	3	35.58.22	128.23.03	47.9	37.0	15.1	L	P
	4	35.58.31	128.23.01	34.6	43.7	21.8	L	P
	5	35.59.06	128.22.26	60.9	31.0	8.1	SL	U
	6	35.58.54	128.22.43	79.5	14.7	5.8	LS	U
	7	35.58.40	128.23.01	39.2	44.7	16.1	L	G
	8	35.58.32	128.22.51	62.5	33.7	3.8	SL	G
	9	35.58.33	128.23.06	43.4	37.5	19.2	L	G
Seongju	1	35.53.14	128.21.17	63.4	23.5	13.0	SL	G
	2	35.52.58	128.21.29	57.8	30.7	11.5	SL	G

<sup>†</sup>SL : Sandy loam, L : Loam, LS : Loamy sand, SiL : Silt loam.

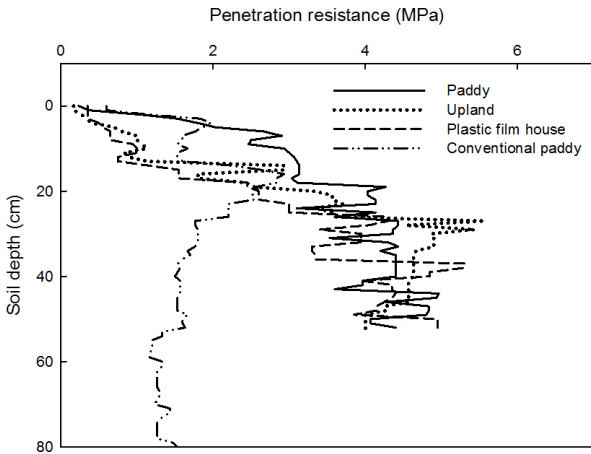
<sup>‡</sup>P : paddy, U : Upland, G : Plastic film house.

토에서는 용적밀도, 공극율, 경도가 각각  $1.48 \text{ Mg m}^{-3}$ , 42.6%, 15.9 mm이었고, 심토에서는  $1.55 \text{ Mg m}^{-3}$ , 41.5%, 16.9 mm이었다. 시설재배지의 표토에서는 용적밀도, 공극율, 경도가 각각  $1.42 \text{ Mg m}^{-3}$ , 45.7%, 14.4mm이었고, 심토에서는  $1.40 \text{ Mg m}^{-3}$ , 45.0%, 18.5 mm이었다.

4대강 사업으로 조성된 하천 준설토의 용적밀도는 1.5~1.95  $\text{Mg m}^{-3}$ 이며, 공극율은 0.29~0.46%으로 모래함량이 증가함에 따라 공극율이 감소하는 것으로 보고 (Lee et al., 2016) 하고 있는 결과와 유사한 경향이었으며 토양 물리성 개량이 필요한 것으로 판단된다.

관입경도계 (Cone penetrometer)는 깊이에 따른 토양경

도의 변화를 그래프로 나타내는데, 이로부터 토양 피각 형성정도, 작물근권, 쟁기 바닥층의 두께 등을 추정할 수 있다 (De Jong et al., 2011; Motavalli et al., 2003). 토양깊이에 따른 관입경도를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 인위 적토형 토양의 논, 밭, 시설재배지 모두 토양깊이 20 cm부터는 3 MPa 이상으로 높았고, 토양깊이 50 cm 이하에서는 측정이 불가하였다. 산중식경도 18 mm는 Cone index 1 MPa에, 23 mm는 Cone index 2 MPa에 해당하는 것으로 보고 (Han et al., 2011)하고 있으며, 토양경도가  $3.49 \text{ kg cm}^{-2}$  (16.0 mm) 이상이면 개량기술대책이 있어야 하고,  $7.32 \text{ kg cm}^{-2}$  (21.0 mm) 이상이면 근본적인 개량대책이 필요하다는 보고 (Takishima



**Fig. 1. The penetration resistance profile according to land use in anthropogenic soils.**

**Table 2. The soil physical properties according to land use in anthropogenic soils.**

Land use	Soil depth	Bulk density	Porosity	Hardness
	cm	Mg m <sup>-3</sup>	%	mm
Paddy	0-15	1.47	44.6	21.5
	15-30	1.71	35.5	25.7
Upland	0-15	1.48	42.6	15.9
	15-30	1.55	41.5	16.9
Plastic film house	0-15	1.42	45.7	14.4
	15-30	4.10	45.0	18.5

and Sakuma, 1969) 하고 있어 물리성을 개선하기 위한 녹비작물, 심토반전, 심경 등 토양물리성 개량이 필요한 것으로 판단된다.

4대강 리모델링 농경지로 조성된 인위토양은 공사시 중장비를 이용한 평탄화 작업을 반복적으로 이루어지다 보니 공극 구조가 매우 단순화 되어지고 심토층 내부에 존재하는 공극들 또한 배수와 작물흡수에는 도움을 크게 주지 않는 형태를 보여주고 있다 (Sonn et al., 2012).

2012년부터 2015년까지 적토형 인위토양의 경지이용 형태별 논, 밭, 시설재배지의 토양화학성은 Table 3과 같다. 2015년 논토양 pH는 5.6, 유기물함량은 9.5 g kg<sup>-1</sup>, 유효인산은 78 mg kg<sup>-1</sup>, 치환성칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 각각 0.17, 4.74, 1.12 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>이었고, EC는 0.40 dS m<sup>-1</sup>이었다. 연차간 pH는 2012년 7.0에서 2013년, 2014년, 2015년 각각 6.6, 6.4, 5.6으로 감소하는 경향이였다. 유기물함량은 8.1~10.2 g kg<sup>-1</sup>으로 큰 차이가 없었으며, 논토양 적정범위 (NAAS, 2010b) 20~30 g kg<sup>-1</sup> 보다 낮았다. 치환성 칼슘함량은 인위토양 조성 직후인 2012년 6.25 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>에서 점차 감소하여 2015년에는 4.74 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>으로 24% 감소하였으며, 마그네슘함량에서도 2012년 1.78 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>에서 1.12 cmol<sub>c</sub>

kg<sup>-1</sup>으로 감소하는 경향을 보였다. 이와 같이 연차간에 pH가 감소하고 치환성 칼슘, 마그네슘 함량이 낮아지는 것은 구미, 칠곡지역 등의 하천준설토가 주로 사양토로 이루어져 있어 양분보유능이 낮고 벼 재배를 위한 담수상태에 의한 표토의 알칼리성 양분이 심토로 이동하였기 때문으로 판단된다.

2015년 밭토양 pH는 6.8, 유기물함량은 9.9 g kg<sup>-1</sup>, 유효인산은 373 mg kg<sup>-1</sup>, 치환성칼륨, 칼슘, 마그네슘함량은 각각 0.74, 4.17, 1.25 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>이었고, EC는 0.77 dS m<sup>-1</sup>이었다. pH는 2012년 7.0에서 2015년 6.8로 약간 감소하였고, 유기물함량은 8.5~14.5 g kg<sup>-1</sup>으로 큰 차이가 없었으며, 밭토양 적정범위 20~30 g kg<sup>-1</sup> 보다 낮았다. 치환성 칼륨함량은 리모델링 직후인 2012년 0.19 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>에서 2015년 0.74 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>로 크게 증가하였으나, 치환성 칼슘함량은 2012년 4.25 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>에서 2015년에는 4.17cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>으로, 마그네슘함량은 2012년 1.33 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>에서 1.25 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>으로 큰 차이가 없었다.

2015년 시설재배지토양 pH는 6.7, 유기물함량은 17.0 g kg<sup>-1</sup>, 유효인산은 441 mg kg<sup>-1</sup>, 치환성칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 각각 0.81, 8.84, 2.77 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>이었고, EC는 2.93 dS m<sup>-1</sup>이었다. 유기물함량은 리모델링 직후인 2012년 9.1 g kg<sup>-1</sup>에서 2015년 17.0 g kg<sup>-1</sup>으로 크게 증가하는 경향을 나타내었으며, 유효인산 및 치환성 양이온에서도 크게 증가하였다. 특히 EC는 2012년 0.29 dS m<sup>-1</sup>에서 크게 증가하여 2015년 2.93 dS m<sup>-1</sup>으로 10배 정도 증가하였다. 인위토양으로 조성된 시설재배지 토양에서 유기물, 유효인산 및 치환성 양이온이 크게 증가된 것은 시설재배 작물을 집약적으로 연중 재배하기 위하여 비료와 가축분 퇴비 등을 과다 투입하고 축적된 염류가 빗물에 유실되지 않음에 따라 양분축적이 논과 밭토양에 비해 높았기 때문으로 판단된다.

인위토양으로 조성된 농경지의 토양깊이를 0~15 cm, 15~30 cm, 30~45 cm로 구분하여 토양화학성을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 논토양 0~15 cm 토양화학성은 pH는 5.6, 유기물함량은 9.5 g kg<sup>-1</sup>, 유효인산은 78 mg kg<sup>-1</sup>, 치환성칼륨, 칼슘, 마그네슘함량은 각각 0.17, 4.74, 1.12 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>이었고, EC는 0.40 dS m<sup>-1</sup>이었으며, 토양깊이가 깊어질수록 pH, 치환성 칼륨, 치환성 마그네슘 함량은 증가하는 경향이였고, 유기물함량, 유효인산함량, 치환성칼륨, EC는 감소하는 경향이였다. 밭토양 0~15 cm 토양화학성은 pH는 6.8, 유기물함량은 9.9 g kg<sup>-1</sup>, 유효인산은 373 mg kg<sup>-1</sup>, 치환성칼륨, 칼슘, 마그네슘함량은 각각 0.74, 4.17, 1.25 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>이었고, EC는 0.77 dS m<sup>-1</sup>이었으며, 토양깊이가 깊어질수록 pH, 유기물, 유효인산 및 치환성양이온 등 양분함량이 감소하는 경향이였다. 시설재배지 토양에서도 밭토양과 유사한 경향을 나타내었다.

이상의 결과를 종합하면 인위토양으로 조성된 농경지 토

**Table 3. The changes in soil chemical properties according to land use in anthropogenic soil.**

Land use	Year	pH	OM	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. cations			EC
					K	Ca	Mg	
		(1:5)	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	-----	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-----	dS m <sup>-1</sup>
Paddy	2012	7.0a <sup>†</sup>	10.2a	74b	0.14a	6.25a	1.79a	0.23b
	2013	6.6b	8.1a	138a	0.17a	4.95b	1.36ab	0.21b
	2014	6.4b	10.1a	76b	0.23a	4.88b	1.47ab	0.81a
	2015	5.6c	9.5a	78b	0.17a	4.74b	1.12b	0.40ab
Upland	2012	7.0a	8.5b	100b	0.19b	4.25a	1.33a	0.25b
	2013	6.7a	10.1ab	295a	0.63a	3.44a	1.18a	0.45b
	2014	7.1a	14.5a	408a	0.96a	4.30a	1.65a	0.77a
	2015	6.8a	9.9ab	373a	0.74a	4.17a	1.25a	0.77a
Plastic film house	2012	6.8a	9.1b	89c	0.15b	5.85b	1.87c	0.29c
	2013	6.8a	13.8ab	297b	0.67a	5.65b	2.28bc	1.59b
	2014	7.0a	18.6a	388ab	0.63a	7.86a	3.04a	1.44b
	2015	6.7a	17.0a	441a	0.81a	8.84a	2.77ab	2.93a

<sup>†</sup>The same letters within a column are not significantly different (Duncan test, *p* < 0.05).

**Table 4. The chemical properties by soil depth according to land use in anthropogenic soil.**

Land use	Soil depth	pH	OM	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. cations			EC	Av. SiO <sub>2</sub>
					K	Ca	Mg		
	cm	(1:5)	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	-----	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-----	dS m <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
Paddy	0-15	5.6b <sup>†</sup>	9.5a	58a	0.17a	4.74a	1.12b	0.40a	191a
	15-30	6.4a	7.6b	58a	0.13b	5.70a	1.42a	0.27b	162a
	30-45	6.7a	6.8b	64a	0.13b	5.82a	1.52a	0.22b	176a
	0-15	6.8a	9.9a	373a	0.74a	4.17a	1.25a	0.77a	-
Upland	15-30	6.6a	6.6b	233ab	0.40b	3.87a	1.13a	0.59a	-
	30-45	6.6a	5.0b	141b	0.25b	3.79a	1.10a	0.51a	-
	0-15	6.7a	17.0a	441a	0.81a	8.84a	2.77a	2.93a	-
Plastic film house	15-30	6.7a	10.9b	230b	0.36b	7.66ab	2.37ab	2.02ab	-
	30-45	6.7a	8.3b	168b	0.24b	6.60b	2.04b	1.53b	-

<sup>†</sup>The same letters within a column are not significantly different (Duncan test, *p* < 0.05).

양은 pH, 유기물, 치환성 양이온이 낮고 경도, 용적밀도 등 물리성이 악화된 것으로 조사되어 작물의 안정적인 생육과 수량 확보를 위해서 유기물 투입, 토양검정에 의한 시비처방 및 장기적으로 토양물리성 개선 등 토양관리 방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

### Conclusions

경북 구미, 칠곡, 성주지역에서 2011년 하천준설토로 성토된 인위토양의 이화학적 특성 변화를 성토 이전과 비교하기 위하여 논, 밭, 시설 각 10지점에서 시료를 채취하였다. 토양물리성에서는 용적밀도가 표토 1.42~1.48 g cm<sup>-3</sup>, 심토 1.40~1.71 g cm<sup>-3</sup>이었고, 경도는 표토 14.4~21.5 mm,

심토 16.9~25.7 mm이었다. 토양깊이에 따른 관입경도는 인위 적토형 토양의 논, 밭, 시설재배지 모두 토양깊이 20 cm부터는 3 MPa 이상으로 높았고, 토양깊이 50 cm 이하에서는 측정이 불가하였다.

논토양은 2012년 리모델링 사업직후에 비해 pH는 1.4 정도 낮아졌고, 치환성 Ca, Mg 함량이 감소하였는데, 특히 치환성 Mg함량에서는 연도별 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며 유기물함량은 리모델링 직후와 큰 차이가 없었다. 밭토양은 유효인산이 증가하는 경향이었고, 시설재배지는 유기물, 유효인산 등 양분함량이 인위토양으로 조성된 직후와 비교하여 크게 증가하였다. 토양깊이별 토양화학적은 토양깊이가 깊을수록 양분함량이 적었고 특히 논토양에서 감소폭이 컸다.

## References

- Chun, H.C., K.Y. Jung, Y.D. Choi, S.M. Jo, S.H. Lee, B.K. Hyun, K.S. Shin, Y.K. Sonn, and H.W. Kang. 2015. Comparison of soil pore properties between anthropogenic and natural paddy field soils from computed tomographic images. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 48(5):351-360.
- Dudal, R., F.O. Nachtergaele, and M.F. Purnell. 2002. The human factor of soil formation, pp. 14-21, Thailand.
- Han, K.W., H.R. Cho, S.H. Jeon, and Y.S. Zhang. 2011. A study of relation between Yamanaka hardness and penetrometer cone index. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(3):344-346.
- HARI. 2005. Technology on paddy soil management in Honam plain field. p. 31-53. Honam Agriculture Research Institute, Iksan, Korea.
- Hur, S.O., S.H. Jeon, H.R. Jo, Y.K. Sonn, S.K. Ha, J.G. Kim, and N.W. Kim. 2010. Application of analysis models on soil water retention characteristics in anthropogenic soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(6):823-827.
- Ibrahim, M., S.G. Ha, K.H. Han, and Y.S. Zang. 2011. Physico-chemical characteristics of artificially disturbed soils as affected by agricumulants of different textures, pp. 189-190. *Korean J. Soil Sci. Fert. Conference Proceeding.*
- De Jong, S.M., E.A. Addink, L.P.H. van Beek, and D. Duijsings. 2011. Physical characterization, spectral response and remotely sensed mapping of Mediterranean soil surface crusts. *Catena* 86:24-35.
- Lee, K.S., J.B. Lee, M.Y. Lee, R.N. Joo, D.S. Lee, and D.Y. Chung. 2016. Soil physical and hydraulic properties over terrace adjacent four major rivers. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 49(3):235-241.
- Lee, S.B., H.Ch. 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.
- Motavalli, P.P., S.H. Anderson, P. Pengthamkeerati, and C.J. Gantzer. 2003. Use of soil cone penetrometers to detect the effects of compaction and organic amendments in claypan soil. *Soil Till. Res.* 74:103-114.
- NAAS(National Academy of Agricultural Science). 2010a. Method of soil chemical analysis. Rural Development Administration. Korea.
- NAAS(National Academy of Agricultural Science). 2010b. Fertilization standard of crop. Rural Development Administration. Korea.
- NIAST. 2000. Analysis of soil and plants. National Institute of Agricultural and Technology. Suwon. Korea.
- 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.
- Takisima, K.H. and K. Sakuma. 1969. The effects of soil hardness and compression on growth and development root system in paddy rice. Research report of agricultural techniques. 21:255-328.
- Volungevicius, J. and R. Skorupskas. 2011. Classification of anthropogenic soil transformation. *Geologija* 53(4):165-177.
- Zhang, Y.S., Y.G. Sonn, C.W. Park, B.K. Hyun, Y.H. Moon, and K.C. Song. 2011. Soil physical and chemical characteristics of river-bed sediments in river basins. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(6):963-969.