Korean Journal of Soil Science and Fertilizer

Article

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2020.53.1.022>

pISSN : 0367-6315

eISSN : 2288-2162

Revised Soil Survey of Incheon City

Byung-Keun Hyun*, Byung-Hwan Seo, Yeon-Kyu Sonn, Sang-Ho Jeon, Woo-Ri Goh, Soon-Gang Yun, Sug-Jae Jung, and Jung-Won Choi

National Institute of Agricultural Science, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: bkhyun@korea.kr

ABSTRACT

Received: December 26, 2019

Revised: February 26, 2020

Accepted: March 3, 2020

Agricultural area have decreased continuously because of urbanization, huge apartment complex, land consolidation, road construction, etc. Especially, rapidly urbanizing areas such as Incheon-city in South Korea has the severe land-use change. In this regard, Our study was aimed investigate land-use changes including soil properties and soil information for providing the basic soil information and soil management practices in the region. The arable land in Incheon-city had been reduced to 6,376 ha in 2018 since 1999. The ratio of the reduced arable land was about 25.8%. Our results showed that paddy fields located in fluvio-marine plains were changed into upland or green house. In particular, paddy fields have been changed to not only upland, orchard, greenhouse cultivation but also fallow land. The area of 446.9 ha and 199 soil code revised soil data were analyzed. However, the number of soil series (195) and soil type (96) did not change. The largest increased area was Jisan (fine loamy, Typic, Endoaqualfs) soil series 82.3 ha which were revised from the existing Jeonbug, Ogcheon and Yeongji soil series.

Keywords: Soil survey, Landuse, Paddy field, Inchen city

Change of landuse
(paddy → huge apartment complex)

Landuse type from same soil series
(left paddy, right orchard)

Change of landuse
(paddy → upland)

The various types of change of paddy field in Incheon city

Introduction

토양은 지형, 모재, 기후, 식생, 시간이라는 토양생성인자의 토양생성작용을 받아 암석이 풍화되어 토양으로 변화한다. 그러나, 최근에는 인간의 무분별한 토지이용으로 토양의 형태 및 이화학성을 심하게 교란하여 이에 따라 토양정보의 변화가 발생되고 있다. 따라서, 기존 토양도 토양정보의 수정보완이 필요하다. 이러한 환경조건을 반영하고자 미국은 토양정보를 카운티별로 30년 단위로 토양재조사를 실시하고 있다(<http://nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/soilsurvey/soils/survey/state/?statedid=1A>, http://btis.mpm.go.kr/rpt/secttRpt.do_No.26658). 우리나라도 변경된 토양정보를 수정보완하여 토양정보의 현행화를 실시하고 있다. 간척지 토양의 경우에는 농촌진흥청과 농어촌공사에서 일부 토양조사를 수행하고 있다 (Lee et al., 2009). 농경지 토지이용의 변화가 심화지역 대단위 개발지역, 또는 인위토양이 발생된 지역에 대해서 농촌진흥청에서 토양조사를 수행한 바가 있다 (Jung, 1995; Jung et al., 1996; Jung et al., 1998; Jung et al., 2004; ICOMANTH, 2004; Song et al., 2006; Sonn et al., 2013; Hyun et al., 2017; Hyun et al., 2018, 2019). 최근에는 기존자료를 변형하여 토양도제작과 토심별 자료를 생산하는 DSM (Digital Soil Mapping) 연구가 진행중에 있다 (Brevik et al., 2016).

토양조사의 목적은 토양의 종류별 특성과 분포상태를 파악하여 토양도를 작성하고 토양특성에 맞게 합리적인 이용을 도모하는데 있다. 내 땅에 맞는 작물을 선택하거나 적합한 비료사용량을 추천하고 토양개량 정보 등을 제공하는 것이다. 그러나, 최근에 특히 논의 지목전환, 대단위 주택단지건설, 도로건설 등으로 인해 기존 토양특성정보의 변화가 많이 발생되어 이를 수정보완 해야 하는 작업이 필요하게 되었다. 따라서, 토양특성정보의 변화가 심하게 발생한 인천시를 대상으로 토지이용변화, 토양특성변화, 토양도 수정내용을 분석하였다. 이를 통해서 새로 조사된 지역의 토양정보를 홈페이지에 반영하여 웹서비스를 통해 활용할 수 있도록 기초자료를 제공하고 자 한다.

Materials and Methods

분석지역 대단위 주택단지, 도로건설 등으로 인해 토지이용변화가 심화되어 농경지가 급격히 감소한 지역인 인천시를 대상으로 하였다.

분석방법 및 주요 조사항목 토양조사시 이용한 자료는 세부정밀토양도 (1:5,000 축척), 국토지리정보원 발행 지형도 (1:5,000 축척), 농식품부 토지이용도인 팜맵 (1:5,000 축척)를 사용하였다. 주요 조사항목은 토지이용현황, 토양의 형태 및 물리적 특성 등이다. 주로 조사한 것은 현재 논토양으로 사용되고 있는 농경지를 대상으로 조사하였으며, 변경된 정보를 수정·갱신하였다. 토양조사는 토양조사편람 (ASI, 1973; USDA, 1993; NAS, 2018)을 기준으로 지형, 배수등급, 토성, 유효토심, 자갈함량, 경사 등에 대해서 조사하여 토양통, 토양구, 토양상으로 구분하였다.

토지이용면적 분석 분석시군의 지목별 면적비교는 발 토양조사 (1995 - 1999) 당시의 면적과 최근의 통계청 (Statistics Korea, 2019) 자료를 통하여 면적을 비교분석하였다.

토양정보 변경내용 분석 기존 토양특성 (토양상: 동일 토양통에서 경사, 침식등급이 다른 것)이 변경된 내용과 토양경계선이 수정된 사항에 대해서 면적을 산출하여 분석하였다. 토양경계선의 내용이 수정보완된 199폴리곤을 분석하였으며, 면적으로는 446.9 ha에 해당된다.

Results and Discussion

인천시 토지이용별 면적 변화 Table 1은 조사지역의 연도별 농경지의 지목별 면적변화이다. 발토양 조사당시 (1995 - 1999)의 인천시 통계연보 (1999)와 현재 (2019)의 통계자료를 비교하면, 1999년 24,753 ha의 농경지가 2018년에는 18,377 ha이었다. 6,376 ha가 감소되었다. 이중 논은 6,492 ha로 1999년에 비해 35.9%가 감소되었고, 밭은 오히려 115 ha 늘어 1.7%가 증가하였다. 이것은 통계청의 2018년 농업면적 통계 (Statistics Korea, 2019)자료에서 보여주듯이 2017년에 비해 2018년에 증가된 논밭전환 면적중 논은 3,552 ha이 증가한 반면에, 논에서 밭으로 증가한 것은 18,871 ha로 5.3배 이상 증가하였음을 보여주고 있다. 이것은 벼재배 보다는 소득이 높은 작물들을 선호하여 재배하는 것으로 판단된다. 농경지 면적의 급격한 감소는 주곡의 안정적인 생산 공급기능의 저하뿐만 아니라, 농경지를 통한 환경보전 기능도 함께 저하 (Eom et al., 1993; Hyun et al., 2002, 2003a, 2003b; Hyun et al., 2018)되어 타 용도로 전환되는 것에 신중히 접근할 필요가 있다.

Table 1. The change of agricultural land area yearly in Incheon city.

(Unit: ha, %)

Landuse	1999 (A)	2018 (B)	I & D [†]
			A-B
Paddy	18,039	11,547	6,492 (35.9%)
Upland	6,714	6,829	-115 (-1.7%)
Total	24,753	18,377	6,376 (25.8%)

[†] Increase and decrease compared with previous year (Statistics Korea, 2019).

Original soil map
(Around Hayadong Gyeonganggu Incheon city)

Revised soil map
(Seoul sheet 62)

Fig. 1. The revised soil map in Incheon-city.

Fig. 2. The various types of change of paddy field in Incheon city.

인천시 토양도 수정 및 수정된 내용 Fig. 1은 인천시의 조사지역 및 새로 수정된 토양도이다. 토양정보의 변경된 예를 살펴보면 기존에 하해혼성충적토인 춘포토 (미사사양질/미사식양질)을 춘포토와 만경토 (미사사양질) 세분화한 것이다. 수정 후의 토양도는 토성, 배수등급, 경사, 지형 등을 반영하였으며, 토양경계선이 세분화되었다.

Fig. 2는 농경지 및 논토양의 다양한 토지이용 변화를 나타낸 것이다. 농경지의 일부가 대단위주택단지에 포함되거나, 논에 과수를 재배하거나, 밭작물을 재배하는 등으로 다양하게 토지이용 변경되고 있다. 논을 밭이나 과수원 등 토지이용을 달리하여 지속적으로 사용시 담수 등이 되지 않으므로 토양배수등급 등이 변하여 현장에서 확인후 토양통을 수정보완하였다.

토양특성정보 수정내용 Table 2는 인천시의 토양부호 수정 및 보완내용이다. 인천시의 농경지 면적은 18,377 ha이나 이 중 논면적은 6,492 ha로 35.3%를 차지하고 있다. 인천시 전체 면적에서 수정보완된 폴리곤은 199폴리곤 (토양상)이었으며, 수정보완된 면적은 446.9 ha이었다. 토양부호 수정내용을 살펴보면 수정전 토양통 96개 및 토양상 195개가 수정후에도 토양통 96개, 토양상 195개였다. 토양정보의 개수에는 변함이 없으나 토양정보 내용의 수정 및 경계선의 수정보완 되었다. 가장 많은 토양으로 새로 수정된 것은 지산토 (Ji)으로 82.3 ha로 기존 전북 (Jb), 옥천 (Og), 용지토 (Yj)으로부터 수정되었다. 광활토 (Gw)은 77.3 ha으로 기존 간척지 (TF), 물 (W), 간척소택지 (SH) 등으로부터 간척되면서 수정되었다. 전북토 (Jb)은 44.9 ha로 기존 포리 (Pr), 용지 (Yj), 광활 (Gw), 봉남토 (Bn)으로부터 수정되었다. 포승토 (Pe) 28.8 ha는 광활토 (Gw)으로부터, 춘포토 (Cn) 17.9 ha는 만경토 (Mg), 전북토 (Jb)으로부터 수정되었다. 앞에서 언급한 토양들은 대부분 지형이 구릉지, 곡간지, 하해혼성평탄지 토양이 대부분이며, 토성은 미사사양질, 미사식양질, 식양질이 많았다. 배수등급은 약간불량, 약간양호, 불량 등으로 토양환경변화에 따라 세분되는 토양들이다.

토양특성은 쉽게 변하지 않는다. 다만, 급격한 토지이용에 따라 토양특성중 배수등급이나 경사 등의 정보가 변경됨에 따라 토양통이나 토양상이 변하게 된다. 과거 토양의 경계선이 넓게 작도 (mapping)된 것을 토양경계선 (soil boundary line)을 수정보완하여 좀더 작게 세분화하기도 하였다. 그리고, 일부 경계선은 현재의 지형도나 토지이용도에 따라 현장에 맞게 조정되어 토양의 경계가 세분화되었다.

Table 2에서와 같이 토양정보가 변경된 예를 보면, 대곡토 경사 B (토양부호, DkB)가 안릉토 경사 C (토양부호, ArC)로 수정되었다. 또한, 임곡토 경사 B (토양부호, IgB), 지곡토 경사 C (토양부호, JoC), 우곡토 경사 C (토양부호, UoC)가 안릉토 경사 C (토양부호, ArC)로 수정되었다. 임곡토, 지곡토, 우곡토는 자갈이 있는 (15 - 35%)토양으로 안

룡통과 자갈함량은 같으나 토성이나 지형의 차이가 있는 토양이고, 대곡통은 자갈이 없고 (15%이하) 토성이 사양질로 안룡통 (자갈이 있는 15 - 35%, 식양질)과는 다른 특성을 가지고 있다. 유사한 특성을 가지고 있지만 지형, 토성, 자갈, 배수등급에 따라서 세분되는 토양들이다.

Table 2. The contents of revised soil information in Incheon city.

Soil phase	Area (ha)	Soil phase	Area (ha)	Soil phase	Area (ha)	Soil phase	Area (ha)	Soil phase	Area (ha)	Soil phase	Area (ha)
ArC (Revised soil)	1.9	JiB	0.4	Bg	9.5	OnD2	16.9	CaD2	0.3	W	0.6
DkB (Original soil)	0.5	Dy	0.3	Bn	2.8	DkB	0.3	CGC	0.4	WdB	7.1
IgB (Original soil)	0.3	GpB	0.3	Gj	0.6	SoD2	13.7	DzC	0.6	YjB	0.3
JoC (Original soil)	0.5	DzC	0.5	GpB	0.4	StD	1.6	JiB	0.7	YjC	0.9
UoC (Original soil)	0.6	IgB	0.5	Gw	3.3	TF	0.6	OnE2	0.3	WdC	0.4
ArD	1.6	Gj	0.9	HjB	0.4	TS	0.4	StC	0.3	JiB	0.4
ArC	1.6	Jd	0.9	Hq	1.2	UoB	0.3	UpB	4.3	YjB	11.2
AsD2	0.8	GLC	0.3	Jb	26.1	OnE2	0.9	JiB	4.3	BH	0.6
DkB	0.4	CkC	0.3	Jd	0.6	CaE2	0.4	W	14.4	Bn	1.3
UoC	0.4	Gw	77.3	Mg	4.8	WdB	0.3	Bn	0.7	DkB	1.0
BeB	4.6	OnD2	0.5	OcB	13.8	YjB	0.2	Cn	0.6	HdB	0.6
BcB	2.0	SH	13.7	Pe	1.4	Pe	28.8	Gw	0.5	Jb	3.9
PgC	2.6	TF	49	RC	1.8	Gw	28.8	HjB	1.5	JiB	1.9
Bn	0.8	TS	4.6	StC	0.4	SAB	0.8	Jb	1.0	Mg	0.5
HdB	0.4	W	9.5	WdB	6.7	JiB	0.8	JiB	1.3	UoB	0.5
Jb	0.4	HdB	1.0	YjB	5.2	SAC	1.6	Mg	7.3	WdB	0.9
CaD2	0.5	BdB	1.0	JiC	2.7	JiB	0.5	OnD2	0.8	YjC	5.7
JwC	0.5	HjB	0.3	JiB	1.7	SAB	1.1	SoC2	0.7	CGC	0.2
CaE2	4.5	GpB	0.3	WdB	1.0	ScB	1.2	WaB	0.6	DkB	0.4
OnC2	3.7	Hu	3.0	JnC2	0.9	YeB	1.2	Mg	0.6	JiB	0.6
OnE2	0.8	BRS	3.0	SoC2	0.9	SoD2	0.4	WdB	5.4	JnC2	1.1
Cn	17.9	IgB	1.9	IgB	0.6	OnE2	0.4	AsE2	0.3	SoC2	1.5
Jb	5.3	Hh	1.6	JiB	0.6	StC	0.3	DkB	1.9	WdB	0.6
Mg	12.6	JiB	0.3	Mg	64.0	ST	0.3	Jb	0.8	WdC	0.3
DkB	15.3	Jb	44.9	BH	0.5	UoB	6.8	JiB	2.4	YjB	1.0
Bn	2.2	Bn	1.3	Gw	60.1	HdB	3.6	WdC	12.6	YxB	1.3
Jb	3.3	Gw	1.6	Pr	1.0	Jb	0.7	JiB	2.4	IgB	1.3
JiB	9.1	Pe	24.3	SH	2.1	JiB	1.9	JiC	0.3		
YjB	0.7	Pr	14.9	W	0.3	JiC	0.6	OnD2	0.5	Total	446.9
DLB	0.8	YjB	2.8	OcB	1.8	UoC	5.2	SoD2	0.3		
Jb	0.4	JiB	79.0	JiB	1.8	ArC	2.6	TS	0.2		

토양상이 달라지면 토양특성정보가 달라진다. 따라서 토양특성에 따른 토양관리 방법도 달라지게 된다. 그렇기 때문에 정확한 토양관리를 위해서는 토양정보가 정확하게 기입되어야 하며, 이를 신속하게 반영하기 위해서 토양정보의 현행화는 지속적으로 이루어져야 할 것이다. Table 3은 기존토양과 수정보완된 토양특성의 면적을 비교한 것이다. 지형은 기존의 하해혼성평탄지로 작도되어 있던 306.2 ha 중에서 71.6 ha 가 다른 지형으로 수정되었다. 대부분 곡간지로 수정보완되었다. 토성은 기존의 식질 72.5 ha와 소호, 소택지, 물 등으로 되어 있던 69.9 ha가 간척되면서 식양질 58.4 ha, 미사식양질 43.8, 미사사양질 20.7, 사양질 12.5 ha로 수정되었다. 배수등급의 경우에는 기존의 불량 134.6 ha 가 약간불량 100 ha, 매우불량 17 ha, 약간양호 12.2 등으로 수정보완되었다.

토양특성별 토양부호 수정내용 토양경계선을 지형에 맞게 수정된 내용은 Fig. 3과 같다. Fig. 3은 인천시 중구 용유동 일원 (용유 17도엽)이다. 기존 토양도는 하해혼성평탄지 토양인 전복통 (Jb)으로 되어 있으나, 지형이 높은 곳은 곡간지 우곡통 (UoB)으로 수정보완하였다. 우곡통의 토성은 전복통과 같으나 배수등급과 자갈함량에서 차이가

Table 3. Changed area of soil information by revised soil survey

Division		Area of original soil (ha)A	Area of revised soil (ha)B	Ratio (B/A*100)	A-B(ha)
Topography	Valley	86.8	158.2	182.3	-71.4
	Rolling	26.7	19.9	74.5	6.8
	Mt. Foot	11.1	4.6	41.4	6.5
	Mountain	0.7	5	714.3	-4.3
	Alluvial plain	7.9	3	38.0	4.9
	Fluvio-marine	306.2	234.6	76.6	71.6
	Diluvium	7.5	5.9	78.7	1.6
	Fan		1.3		-1.3
	Water etc.		14.4		-14.4
	Total	446.9	446.9	100.0	0
Soil family classes	Co. silty	120.6	141.3	117.2	-20.7
	F. silty	2.9	46.7	1,610.3	-43.8
	Cos. loamy	12.7	25.2	198.4	-12.5
	Sandy	1.8	-	-	1.8
	F. loamy	152.1	210.5	138.4	-58.4
	Clayey	72.5	8.8	12.1	63.7
	Water etc.	84.3	14.4	17.1	69.9
	Total	446.9	446.9	100.0	0
Drain classes	V. Poorly D.	16.6	33.6	202.4	-17
	Poorly D.	227.1	92.5	40.7	134.6
	Somewhat poorly D.	113.7	213.7	188.0	-100
	Mod. well. D.	26.1	38.3	146.7	-12.2
	Well. D.	59.7	63.8	106.9	-4.1
	V. well D.	0.7	5	714.3	-4.3
	BRS(flood plain)	3	-	-	3
	Total	446.9	446.9	100.0	0

있으며 토양생성부터가 서로 다른 토양이다.

논농사를 지속적으로 유지함으로써 논토양의 유형이 변화되어 수정한 내용은 그림 Fig. 4와 같다. 왼쪽 그림은 인천시 중구 순지동 (용유27 도엽) 일원이다. 과거에는 하해혼성평탄지에서 유래한 배수불량의 염해논의 포리통 (Pr)으로 되어있으나, 현재는 염해가 없는 일반답인 배수약간불량의 전복통 (Jb)으로 수정하였다. 오른쪽은 인천시 서구 경서동 일원 (김포 77도엽)으로 과거에는 하해혼성평탄지의 염해논의 광활통 (Gw)이 있으나, 현재는 일반논인 만경통 (Mg)으로 수정하였다.

경지정리나 배수개선 등으로 물흐름이 좋아지거나 위치에 따라 배수등급이 수정된 내용은 Fig. 5와 같다. 왼쪽은 인천시 계양구 다남동 일원 (김포 80도엽)으로, 기존에 곡간지의 배수등급이 약간불량이 지산통 (JiB)으로 되어있으나, 일부 지점은 낮은 위치에 있어 배수등급이 불량인 옥천통 (OcB)으로 수정하였다. 오른쪽은 인천시 남동구 논현동 (인천 40도엽) 일원이다. 기존 토양은 하해혼성평탄지의 배수가 불량한 복천통이었으나 현재는 지하수위가 낮아지고 물흐름이 좋아져 배수등급이 약간불량인 전복통 (Jb)으로 수정하였다.

Jb (Jeonbug) → UoB (Ugog Series)

Fig. 3. Modification of soil units of according to change to paddy field.

(A) Pr (Pori Series) → Jb (Jeonbug Series)

(B) Gw (Ganghwal Series) → Mg (Mangyeong Series)

Fig. 4. Modification of soil units of according to change the paddy soil type.

(A) JiB (Jisan series) → OcB (Ogcheon series)

(B) BH (Bogcheon series) → Jb (Jeonbug series)

Fig. 5. Modification of soil units of according to drainage class change.

Mg (Mangyeong Series) → Cn (Chunpo Series)

Fig. 6. Modification of soil units of according to soil texture.

토성에 따른 차이로 토양경계선을 세분화한 내용은 Fig. 6과 같다. 인천시 계양구 하양동 일원 (서울 62도엽)이다. 기존의 춘포토 (미사식양질/미사사양질, Cn)이었으나, 만경토양 (미사사양질, Mg)과의 경계선이 넓어 토성을 확인한 후, 춘포토의 경계선을 보다 바깥쪽으로 수정보완하였다.

토양의 물리적 특성은 쉽게 변하지 않는 성질 중의 하나이다. 다만, 위와 같이 토양환경조건이 변화함에 따라서 변경되기 때문에 토양정보의 현행화가 필요하게 되었다. 대단위 주택단지조성, 도로건설, 농경지의 토지이용변화 등으로 인해 토양의 특성이 빠르게 진행되고 있다. 이를 반영하기 위해 신속한 토양조사와 현행화가 필요하다. 더불어 토양조사 후에 토양도수정, 전산화의 작업기간을 단축할 수 있는 기술적인 방법이 필요하다고 생각한다.

Conclusions

최근 대단위아파트단지조성, 도로건설, 경지정리 등으로 토지이용이 급격하게 변하고 있다. 이러한 이유로 농경지

의 면적도 지속적으로 감소되고 있다. 서울 인근의 토지이용변화가 급격한 인천시를 대상으로 토지이용변화, 토양특성변화, 토양도 수정내용에 대해 분석하였다. 이에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 인천시의 경우 농경지 감소는 밭토양조사(1995 - 1999)당시인 1999년과 비교시 (2018) 6,376 ha가 감소하였다. 논인 경우에는 6,492 ha가 감소하였으나, 밭의 경우에는 오히려 115 ha가 증가하였다. 논밭전환의 원인으로는 논에 벼 대신 수직성이 높은 밭작물 (채소류, 과채류, 과수 등)을 재배하는 것으로 판단된다.
- (2) 인천시의 토지이용의 변경내용을 보면 기존의 논토양을 밭, 과수원, 시설하우스로 사용하거나, 논을 성토하여 다시 논으로 사용하였다. 일부 농경지 및 산림을 포함하는 지역이 대단위 아파트단지 조성 등으로 편입되었다.
- (3) 인천시 농경지의 토양정보 변경내용을 보면 논인 경우에는 도로건설 등으로 물흐름이 차단되어 배수등급이 불량해지거나, 반대로 배수로 설치 등으로 배수등급이 좋아지는 등 일부의 토양특성 정보가 변경되었다. 또한, 계속적인 벼농사로 인해 염해논이 일반논으로 논토양의 유형이 수정보완되었다.
- (4) 수정된 토양부호 199폴리곤(토양상), 446.9 ha를 분석한 결과 기본 토양통 96개와 토양상 195의 숫자 변화는 없었으나, 기존의 토양정보는 현지조사결과로 수정보완되었다. 가장 많은 면적으로 새로 편입된 토양은 지산통(곡간지 식양질 배수약간불량인 논토양) 82.3 ha로 기존의 전복, 옥천, 용지통으로부터 수정되었다.

Acknowledgement

This study was carried out with the support of “Soil map revised in landuse rapidly change area (Project No. PJ01085301)”, Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Agricultural Science Institute. 1973. Soil survey manual (I). RDA. Suwon. Korea.
- Brevik, E.C., C. Calzolari, B.A. Miller, P. Pereira, C. Kabala, A. Baumgarte, and A. Jordan. 2016. Soil mapping, classification, and pedologic modeling: History and future directions. *Geoderma*. 264:256-274.
- Eom, K.C., S.H. Yun, S.W. Hwang, S.K. Yun, and D.S. Kim. 1993. Public benefit from paddy soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 26(4):314-333.
- <http://btis.mpm.go.kr/rpt/selectRpt.do>. No.26658.
- <http://nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/soilsurvey/soils/survey/state/?statedid=IA>.
- Hyun, B.K., C.H. Lee, S.H. Jeon, S.Y. Hong, and Y.S. Zhang. 2018. The research review of soil ecosystem services. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 51(4):457-470.
- Hyun, B.K., M.S. Kim, K.C. Eom, K.K. Kang, H.B. Yun, and M.C. Seo 2003b. Estimation of economic value of cooling by upland farming during hot summer. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36(6):423-428.
- Hyun, B.K., M.S. Kim, K.C. Eom, K.K. Kang, H.B. Yun, and M.C. Seo. 2003a. Evaluation of function of upland farming for preventing flood and fostering water resources. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36(3):163-179.
- Hyun, B.K., M.S. Kim, K.C. Eom, K.K. King, H.B. Yun, M.C. Seo, and K.S. Seong. 2002. Evaluation on national environmental functionality of farming on soil loss using the USLE and replacement cost method. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35(6):361-371.
- Hyun, B.K., Y.K. Sonn, K.T. Kim, H.J. Cho, S.J. Jung, and J.W. Choi. 2017. Revised soil survey of Yangju city in Gyunggido. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 50(2):81-92.

- Hyun, B.K., Y.K. Sonn, S.H. Jeon, S.G. Yun, H.J. Cho, S.J. Jung, J.W. Choi, and D. S. Lee. 2018a. Revised soil survey of chungju-si in Chungchungbukdo. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 51(3):143-158.
- Hyun, B.K., Y.K. Sonn, S.H. Jeon, S.G. Yun, W.R. Goh, S.J. Jung, and J.W. Choi. 2019. Revised soil survey of Gimpo city in Gyeonggido. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 52(2):105-113.
- International Committee on Anthropogenic Soils. 2004. Circular letter. No 5.
- Jung, S.J., Y.K. Sonn, B.K. Hyun, D.W. Shin, and K.C. Song. 2004. Super detailed soil survey of intensive developed areas. annual research report of national institute of agricultural science and technology. pp. 197-208. RDA. Suwon. Korea.
- Jung, Y.T. 1995. Soil classification system of FAO/UNESCO. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 28(4):363-368.
- Jung, Y.T., E.S. Yun, and K.Y. Jung. 1996. The properties and classification of anthrosols. *Annual Research Report of Yeoungnam Agricultural Research Institute.* pp. 692-696.
- Jung, Y.T., E.S. Yun, and U.G. Kang. 1998. Classification of anthrosols in korea and anthrosols classification systems of other countries. *RDA. J. Agro-Environ. Sci.* 40(1):1-6.
- Korean Statistical Information Service. 2019.
- Lee, S.H., Y.I. Kim, S.W. Jeon, and B.K. Kim. 2009. Soil survey report management system of agricultural infrastructure project. 2009 Spring Abstract papers. p.61.
- NAS. RDA. 2018. Handbook of field soil survey. RDA.
- Song, K.C., B.K. Hyun, Y.K. Sonn, and S.J. Jung. 2006. Classification of anthrosols in korea. *Annual Research Report of National Institute of Agricultural Science and Technology.* pp.149-166. RDA. Suwon. Korea.
- Sonn, Y.K., H.J. Jeon, Y.H. Moon, C.W. Park, and B.K. Hyun. 2013. The study on classification of anthrosols. pp. 328-361. NAAS Annual Report.
- Statistics Korea. 2019. Statistics of Agricultural Area. Statistics Korea. Daejeon. Korea.
- USDA. 1993. Soil Survey manual. Soil Conservation Service. USDA of agriculture handbook 18. USDA. USA.