Article

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2019.52.2.105>

pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

Revised Soil Survey of Gimpo City in Gyeonggido

Byung-Keun Hyun*, Yeon-Kyu Son, Sang-Ho Jeon, Soon-Gang Yun, Woo-Ri Goh, Sug-Jae Jung, and Jung-Won Choi
National Institute of Agricultural Science, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: bkhyun@korea.kr

ABSTRACT

Received: February 12, 2019

Revised: May 7, 2019

Accepted: May 9, 2019

Agricultural lands have decreased continuously because of urbanization, land consolidation, road construction, etc. Especially, rapid urbanizing areas such as Gimpo-city in South Korea has the severe land-use change. In this regard, aim of our study was to investigate land-use changes including soil properties and soil information to provide the basic soil information and soil management practices in the region. The arable land in Gimpo-city had been reduced by 47,121 ha in 2017 since 1999. The ratio of the reduced arable land was about 22.1%. Our results showed that paddy fields located in alluvial plains were changed into upland or greenhouse. In particular, paddy fields have been changed to not only upland, orchard, greenhouse cultivation but also fallow land. Moreover, our research using 462 soil codes (soil phases) and 1207.3 ha indicated that the number of soil series and soil phase increased to 47 and 79 from 43 and 74 individually. The largest increased area was Mangyeong (coarse silty, mixed, mesic family of Fluvaquentic Endoaqupts) soil series 418.3 ha which were modified from the existing Jeongbug and Chunpo soil series.

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

Change of landuse
(paddy → upland)

Soil dressing

Change of landuse
(paddy → greenhouse)

The various types of change of paddy field in Gimpo city.

Introduction

김포시의 경지면적을 1999년과 2017년을 비교하면 다음과 같다. 1999년은 전국의 밭토양의 조사가 완료된 해이며, 최근에 재조사가 완료된 해를 비교하였다. 1999년의 경지면적은 212,828 ha이었으며, 그중 논 128,734 (60.5%), 밭은 84,094 (39.5%)이었다. 2017년 경지면적은 총 165,707 ha로 논은 88,733 ha (53.5%), 밭은 76,975 (46.4%)이었다. 1999년 대비 47,121 ha가 줄었으며 감소율은 22%를 보이고 있다. 그 중에도 논면적이 급격하게 줄고 있다. 이것은 대부분 논에서 벼를 재배하기 보다는 수익성이 높은 채소, 특·약용, 과수작물 재배를 더 선호하는 것으로 판단된다. 또한, 앞으로도 논토양의 상당부분이 밭작물 재배지 전환될 것으로 예상되어진다 (Statistics Korea, 2018).

토양이 만들어지는데도 많은 시간이 걸리지만 변하는 것도 쉽게 변하지 않는다. 하지만 최근에는 인간의 다양한 활동 등으로 토지이용의 변화가 심화되어 이에 따라 토양특성의 변화가 급격하게 진행되고 있다. 이러한 환경조건에 따라 변경된 토양정보를 반영하고자 미국에서는 30년 단위로 카운티별로 토양재조사를 실시하고 있다. 변경된 토양정보에 대해서 적극적으로 토양정보를 현행화 하고 있다.

국내에서는 농촌진흥청과 간척지의 경우 농어촌공사에서 토양조사를 수행하고 있다. 대단위 개발지역이나 인위토양이 발생된 지역에 대해서 농촌진흥청에서 토양조사를 수행한 바가 있다 (Jung et al., 2004; ICOMANTH, 2004; Jung, 1995; Song et al., 2006; Jung et al., 1996; Jung et al., 1998; Sonn et al., 2013; Hyun et al., 2017; Hyun et al., 2018). 최근에는 기존자료를 변형하여 토양도제작과 토심별 자료를 생산하는 DSM (Digital Soil Mapping)연구가 진행 중에 있다 (Brevik et al., 2016).

토양조사의 목적은 토양이 종류별 특성과 분포상태를 파악하여 토양도를 작성하고 토양특성에 맞는 합리적인 이용을 도모하는 데 있다. 작물을 선택하거나 비료사용량을 추천하고 토양개량 정보 등을 제공하는 것이다. 그러나 최근 논, 밭 등의 지목전용, 대단위 주택단지건설, 도로건설, 혁신도시 건설 등으로 인해 기존 토양특성 정보의 변화가 발생하여 이를 수정·보완하는 작업이 필요하게 되었다. 따라서, 토양특성정보의 변화가 심하게 발생한 김포시를 대상으로 토지이용변화, 토양특성변화, 토양도 수정내용 등을 분석하였다. 또한, 새로 조사된 토양정보를 홀토람에 반영하여 웹서비스로 활용할 수 있도록 기초자료를 제공하고자 한다.

Materials and Methods

분석지역 대단위 주택단지 건설 등으로 인해 토지이용변화가 심화되어 농경지가 급격한 감소한 지역인 경기도 김포시를 대상으로 하였다.

분석방법 및 주요 조사항목 토양조사시 이용한 자료는 세부정밀토양도 (1:5,000 축척), 국토지리정보원 발행 지형도 (1:5,000 축척), 농식품부가 발행한 스마트팜맵인 토지이용도 (1:5,000축척)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, 2017)을 기준으로 지형, 배수등급, 토성, 유효토심, 자갈함량, 경사 등에 대해서 조사하였다.

토지이용면적 분석 분석시군의 지목별 면적비교는 밭 토양조사 (1995-1999)당시의 면적과 최근의 통계청 (Statistics Korea, 2018) 자료를 통하여 면적을 비교하였다.

토양정보 변경내용 분석 기존 토양특성 (토양상: 동일 토양통에서 경사, 침식등급이 다른 것)이 변경된 내용과 토양경계선이 수정된 사항에 대해서 면적을 산출하여 분석하였다. 토양경계선의 내용이 수정보완 된 462폴리곤을 분석하였으며, 면적으로 1207.3 ha에 해당된다.

Results and Discussion

청주시 토지이용별 면적 변화 Table 1은 조사지역의 년도별 농경지 지목별 면적변화이다. 밭토양 조사당시 (1995-1999)의 김포시 통계연보 (1999)와 현재 (2018)의 통계자료를 비교하면, 1999년 212,828 ha의 농경지가 2017년에는 165,707 ha이었다. 47,121 ha가 감소되었다. 이중 논은 40,001 ha로 1999년에 비해 31.1%가 감소되었고, 밭은 7,119 ha가 줄어 8.5%의 감소되었다. 농경지중 논면적이 밭면적에 비해 5배이상 감소되었다. 이것은 벼보다는 가격경쟁력이 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)되어 타 용도로 전환되는 것에 신중할 필요가 있다. 우량 농경지 보전을 위해서 농가의 상호준수요건 (cross compliance)와 더불어 환경보전프로그램 등을 통한 직접지불제 지원정책이 필요할 것으로 생각된다.

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

Division	1999 (A)	2017 (B)	(Unit: ha, %)
			I & D [†] A-B
Paddy	128,734	88,733	40,001 (31.1%)
Upland	84,094	76,975	7,119 (8.5%)
Total	212,828	165,707	47,121 (22.1%)

[†]Increase and decrease compared with previous year (Statistics Korea, 2016).

김포시 토양도 수정 및 수정된 내용 Fig. 1은 김포시의 조사지역 및 새로 수정된 토양도이다. 토양정보의 변경된 예를 살펴보면 만경토양은 하해혼성충적토 (미사사양질)이나, 토양경계선이 너무 넓게 작성되어 내륙에 가까운 곳은 준포토양 (미사사양질/미사식양질)으로 확인한 후 토양통을 수정했다. 수정 전에 비해 수정후의 토양도는 토성, 배수등급, 경사, 지형 등을 반영하였으며, 토양경계선이 세분되었다.

Fig. 1. The revised soil map in Gimpo-si.

Fig. 2는 논토양의 다양한 토지이용의 변화를 나타낸 것이다. 논토양을 밭으로 이용하기 위하여 객토나 성토하여 밭으로 이용하거나, 시설재배작물 등으로 토지이용을 변경하여 사용되고 있다. 과거 논토양에 지속적인 관개가 이루어지지 않아 배수등급 등이 변한 것은 토양통의 정보를 수정하였다.

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

토양특성정보 수정내용 Table 2는 김포시의 토양분호 수정 및 보완내용이다. 분석에 사용된 토양분석점수는 462폴리곤 (토양상)이었으며, 면적은 1207.3 ha이었다. 토양부호 수정내용을 살펴보면 수정전 토양통 43개 및 토양상 74개가 수정 후에는 토양통 47개, 토양상 79개로 세분화되었다. 가장 많은 토양으로 새로 수정된 것은 만경통 418.3 ha로 기존 전북통, 춘포통으로부터 기인되었다. 포승통 166.1 ha는 기존 중동통, 전북통으로부터 기인되었다. 지산통 160.5 ha는 대곡통, 용지통, 춘포통으로부터 기인되었다. 옥천통 84.2 ha는 지산통, 김제통으로부터 기인되었다. 용지통 50.5 ha는 대곡통, 지산통으로부터 기인되었다. 위에 언급한 토양들은 대부분 지형이 하해혼성평탄지, 하성평탄지, 곡간지 토양이 대부분이며, 토성이 미사사양질, 미사식양질, 식양질인 토양들이다. 배수등급은 약간불량,

불량, 약간양호 등으로 토양환경의 변화에 따라 세분되어야 하는 토양들이다.

토양특성은 쉽게 변하지 않는다. 하지만, 급격한 토지이용의 변화에 따라 토양특성중 물흐름, 경사 등의 환경조건이 변화됨에 따라 토양통이나 토양상이 변하기도 한다. 또한, 과거 토양통 숫자가 적을 때 조사된 경우 현재 토양통이 세분화로 인해 경계선이 크게 작도(mapping)된 것은 토양경계선(soil boundary line)을 세분화하기도 하였다. 그리고, 일부 경계선은 현재의 지형도나 토지이용에 따라 현실에 맞게 조정되어 토양통의 경계선이 수정완료되기도 하였다.

Table 2. The contents of revised soil information in Gimpo-si.

Soil phase	Area (ha)	Soil phase	Area (ha)	Soil phase	Area (ha)	Soil phase	Area (ha)	Soil phase	Area (ha)
AnC (Revised)	1.1	JiB	0.8	YjC	3.2	HjB	11.6	YcC	6.4
StC (Original)	0.3	JiC	9.2	JiC	8.1	SoC2	2.9	YcB	4.2
UoB (Original)	0.8	YjC	0.8	JiB	5.0	DJC2	2.2	YxB	2.2
ArC	3.9	DN	18.9	UoB	0.7	OnC2	0.7	YjB	47.9
UoB	1.3	Cn	6.4	UoC	0.3	SoD2	0.8	BjB	0.3
UoC	0.3	HIB	0.3	YjB	1.4	W	0.8	Cn	0.2
YxB	2.3	Se	12.2	YjC	0.7	SzB	0.6	DkB	6.7
BaB	4.0	Gj	51.5	Mg	38.3	Jb	0.6	GpB	0.8
OcB	4.0	Bn	45.5	Cn	2.0	TF	17.6	HjB	0.5
BeB	0.5	Oc	6.0	Gw	23.9	Mg	1.6	IgB	0.9
UoB	0.5	Gt	36.7	IgB	1.2	Pe	16	Jb	1.0
Bn	1.3	Cn	14.6	Jb	3.8	UoB	18.2	JiB	22.1
JiB	1.3	Jb	5.6	JiB	1.4	DkB	3.9	JiC	0.5
Bo	10.7	Se	16.5	Pe	4.2	IgB	1.3	JnC2	0.5
Se	10.7	Gw	1.8	UoB	0.8	Jb	1.0	Mg	0.3
CaD2	2.7	Mg	1.8	WdB	0.3	JiB	9.1	UoB	4.6
CaE2	2.7	IgB	3.9	YjB	0.7	Mg	0.8	UoC	0.6
CGC	2.1	Jb	1.1	Nd	2.1	OnD2	1.0	WdB	7.2
ArC	1.5	UoB	0.5	Mg	2.1	WdB	1.1	WdC	0.2
JiB	0.3	UoC	0.4	Np	13.2	UoC	12.8	YjB	0.5
UoC	0.3	YxB	1.9	Se	13.2	DkB	0.6	YjC	0.3
Cn	145.3	Jb	323.1	OcB	0.6	JiB	3.0	YxB	0.7
JiB	20.3	Bn	10.4	Mg	0.6	JnC2	0.3	YjC	6.9
Mg	111.1	Mg	300.3	OnC2	7.7	Mg	0.6	JiB	1.2
Pe	13.9	Pe	12.4	GpB	1.2	OnE2	1.0	JiC	1.0
DkB	130.5	Jd	102.2	JiB	0.8	UoB	5.7	UoB	0.3
Cn	1.7	Mg	19.1	OnD2	1.5	YjC	0.2	UoC	1.1
DkB	0.6	Pe	83.1	UoC	4.2	YxB	1.4	WdB	0.3
DLB	2.0	JiB	115.5	OnD2	16.9	WdB	8.4	YjB	3.0
GpB	0.8	DkB	4.8	CaD2	1.0	DkB	1.9	YxB	4.0
Jb	10.7	HdB	3.2	OnC2	2.5	Jb	0.4	DkB	3.0
JiB	70.0	IgB	1.1	OnE2	10.3	JiB	1.7	GpB	1.0
JiC	2.2	Jb	5.2	UoB	1.3	OnD2	0.6		
Mg	4.4	Jd	1.1	UoC	1.8	W	0.7		
OcB	0.5	JiC	3.2	PgB	0.4	YjB	3.1		
UoB	3.4	Mg	11.2	JiB	0.4	WdC	9.7		
UoC	0.5	Oc	5.9	SE	5.7	CaE2	0.4	Total	1207.3
WdB	4.1	OcB	67.8	Jb	0.8	JiC	3.0		
YjB	28.6	UoB	1.0	JiB	4.0	SzC	4.3		
YjC	1.0	UoC	1.4	Mg	0.9	WdB	1.4		
DkC	10.8	YjB	6.4	Sh	11.6	YjC	0.6		

Table 2에서와 같이 토양정보가 변경된 예를 보면 석토통 경사C (토양부호, StC)와 우곡통 경사B (UoB)가 안릉통 경사C (AnC)로 수정되었다. 그리고, 우곡통 경사B (UoB), 우곡통 경사C (UoC), 용계통 경사B (YxB)가 안릉통 경사C (ArC)로 수정되었다. 석토통, 우곡통, 안릉통, 용계통 등은 자갈이 많거나 (>35%) 있거나 (15-35%), 경사등급이 B (2-7%)이거나 C (7-15%)에 따라서 토양통명을 달리하는 토양들이다.

토양상의 이름이 달라지면 토양특성정보가 바뀌기 때문에 이에 따른 토양관리방법도 달라진다. 따라서, 토양경계선에 따라서 토양정보가 정확하게 기입되어야 하며, 이를 신속하게 반영하기 위해서도 토양정보의 현행화는 지속적으로 수행되어야 한다.

토양특성별 토양부호 수정내용 토양경계선을 지형에 맞게 수정된 내용은 Fig. 3과 같다. 왼쪽은 김포시 대곶면 송마리 (김포 33도엽)이고, 오른쪽은 대명리 (김포 42도엽) 일원이다. 모두 하해혼성토양인 전복통 (Jb)의 경계선이 내륙안쪽의 곡간지 안쪽까지 뻗어 있기 때문에 곡간지 토양이 지산통 (JiB)을 확인하고 그 경계선을 수정한 것이다. 전복통 (Jb)이나 지산통 (JiB)은 지형을 제외하고는 토성, 배수등급 등의 토양특성은 모두 같은 토양들이다.

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

토지이용의 변화에 따라서 토양부호를 수정한 내용은 그림 Fig. 4와 같다. 왼쪽 그림은 김포시 대곶면 신안리 (김포 42도엽)로 원래 지산통 (JiC)으로 경계가 되어 있었으나, 밭으로 이용되고 있으며 토양의 위치가 더 높은 위치하고 (위치가 높은 경우 배수등급에 차이가 있음) 배수등급 등을 확인한 후에 원곡통 (WdB)로 수정하였다. 오른쪽은 김포시 양촌읍 구래리 (김포 45도엽) 일원으로 과거에 안릉통 (ArC)이 밭으로 사용되었으나, 현재는 개답하여 논으로 사용하고 있기 때문에 칠곡통 (CGC)로 토양통명을 정보를 수정하였다.

Fig. 4. Modification of soil units of according to change the landuse.

배수개선 및 경지정리 등으로 물 흐름이 양호해져 배수등급이 수정된 내용은 Fig. 5와 같다. 왼쪽은 김포시 대곶면 초원지리 (김포 34도엽), 오른쪽은 김포시 대곶면 대명리 (김포 43도엽)로 기존 배수등급이 불량인 (청화색) 옥천통 (Oc)에서 물흐름의 영향으로 배수등급이 약간불량인 (일부청화색, 일부화색) 지산통 (JiB)으로 수정된 것이다.

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

제염으로 인해 염해논에서 보통논으로 변경된 내용과 토양경계선을 세분화한 것은 Fig. 6과 같다. 왼쪽 그림은 김포시 대곶면 약암리 (김포 53도엽)로 기존 토양통은 염해논인 광활통 (Gw)이었다. 현재는 제염이 되어 일반논 (벼의 생육에 아무런 제한이 없음)으로 사용되고 있으며, 또한, 염해에 대한 피해도 없기 때문에 광활통과 토양특성은 같으나 일반논인 만경통 (Mg)으로 토양정보를 수정하였다. 오른쪽 그림을 김포시 대곶면 대명리 (김포 54도엽)의 토양경계선을 세분화한 것이다. 기존 토양통은 만경통 (Mg)으로 넓게 되어 있었으나, 내륙에 가까운 토양은 이보다 점토함량이 높은 토양으로 확인되어 전복통 (Jb)으로 토양통의 경계선을 세분하였다.

Fig. 6. Modification of soil units of according to salt removed and subdivided

토양의 물리적 특성은 쉽게 변하지 않는다. 다만, 위와 같은 토양환경조건이 변화함에 따라 토양정보의 변경이 필요해졌다. 대단위 주택단지, 대형건물, 토지이용변화 등으로 인해 토양특성의 변화가 빠르게 진행되고 있다. 토양정보의 신속한 변경을 위해서 지속적인 토양재조사와 더불어 이러한 재조사를 신속하게 할 수 있는 기술적인 접근 방법이 필요하다고 생각된다.

Conclusions

최근 대단위주택단지조성, 경지정리, 도로공사 등으로 토지이용의 급변과 더불어 농경지도 지속적으로 감소되고 있다. 특히, 서울인근지역으로 변화가 심화된 김포시를 대상으로 토지이용변화, 토양특성변화, 토양도 수정내용에 대해 분석하였다. 이에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 김포시의 경우 농경지감소는 밭토양조사 (1995-1999)당시인 1999년과 비교시 (2017) 47,121 ha가 감소하였다. 논인 경우에는 40,001, 밭인 경우에는 7,119 ha가 감소되었다. 논밭전환의 원인으로는 논을 전용하여 수익성이 높은 밭작물을 재배한 것으로 판단된다.
2. 김포시의 토양정보 변경내용을 보면 기존 논토양을 성토하여 다시 논으로 사용하거나, 논을 밭, 과수원, 시설하우스 등으로 사용하였다. 논토양의 경우 성토로 인해 배수등급이 변화되거나, 도로로 인하여 물흐름이 차단되어 배수가 불량해지는 등 일부 토양특성정보가 변경되었다. 또한, 아파트 등 대단위 주택단지 건설로 농경지 토양이 주택단지로 변경되었다.
3. 김포시의 토양정보 변경내용을 보면 이에 따른 토지이용 변화에 따라 토양배수등급의 변화, 하천정비로 인한 토양정보세분, 경지정리 및 성토로 인해 인위토양의 발생 등에 따라 토양정보를 변경하였다.
4. 수정된 토양부호 462폴리곤 (토양상), 1207.3 ha를 분석한 결과 토양통은 기존 43개에서 47개로, 토양상은 74개에서 79개로 세분화되었다. 가장 많은 면적으로 편입된 것은 만경통 (하해혼성평탄지 미사사양질 배수등급 약간불량인 논토양) 418.3 ha로 기존의 전북, 춘포 등으로부터 편입되었다.

Acknowledgement

This study was carried out with the support of “Soil map revised in landuse rapidly change area (Project No. PJ010853012018)”, 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.
- 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. 2018. Revised soil survey of chungju-si in chungchungbukdo. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 51(3):143-158.
- 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. p197-208. 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. p692-696.
- 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. 2018.
- 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. p149-166. 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. p328-361. NAAS Annual Report.
- Statistics Korea. 2016. Statistics of Agricultural Area. Statistics Korea. Daejeon. Korea.
- USDA. 2017. Soil Survey manual. Soil Science Division Staff. USDA of agriculture handbook 18. USDA. USA.