

Effects of Integrated Soil Amelioration Techniques to Mature Newly Established Research Fields

Sug-Jae Jung, Byung-Keun Hyun*, Yeon-Kyu Sonn, Hyun-Jun Cho, Jung-Won Choi, Pyeong-Ho Lee¹, and Dong-Hyuk Lim²

National Institute of Agricultural Science, Wanju, 55365, Republic of Korea

¹*National Institute of Horticultural and Herbal Science, Wanju, 55365, Republic of Korea*

²*Rural Development Administration, Jeonju, 54875, Republic of Korea*

(Received: January 13 2016, Revised: April 27 2016, Accepted: April 28 2016)

The Rural Development Administration moved to Jeonju for the balanced development of the land. This situation required establishment of new research fields with soils appropriate to cultivation. We applied a variety of amelioration techniques to mature soils of new research fields of the National Institute of Agricultural Science (NAS) and evaluated effects of the integrated amelioration techniques. The schedule of amelioration was following: 1) location of research fields was determined, 2) surface and subsoil samples were collected separately, 3) after aligning the top level of research fields, subsoil and surface soil were re-established with soil amendment, 4) the green manure crops were grown four seasons to improve the uniformity and increase the organic content of the research field, and 5) drainage canal and/or underdrainage were applied to poorly drained fields. The last green manure crop was rape in RDA fields and green barley in NAS fields. The average height, fresh weight, and dry matter weight of rape in good condition were 123 cm, 3,938 kg 10a⁻¹, and 651 kg 10a⁻¹, respectively. The height, fresh weight, and dry matter of green barley, on average, were 97 cm, 3,013 kg 10a⁻¹, and 1,004 kg 10a⁻¹, respectively. In the chemical properties of paddy field, pH and levels of silicate, calcium, magnesium, and potassium were in appropriate range but organic matter content of 16 g kg⁻¹ was less than the optimum level. In the chemical properties of upland field, pH and levels of phosphorus, calcium, magnesium, and potassium were appropriate range but organic matter content of 12 g kg⁻¹ was less than the optimum range. Evaluation of well-adapted soil was performed. The field in RDA was classified into the superior class with points ranging from 90 to 95 by the field evaluation test. The fields in NAS were mainly evaluated as the superior class with points greater than 85. However, some fields in NAS remained low quality with scores between 80 and 83. Further soil amelioration practices were suggested to fields with low soil quality.

Key words: Jeonju, Relocation of Rural Development Administration, Maturing filed, Land suitability assessment, Soil properties

The changes in soil chemical properties of paddy soils with time.

Location	Year	pH	OM	Av. SiO ₂	Ex. Cation (cmol _c kg ⁻¹)		
		(1:5)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	Ex.Ca	Ex.Mg	Ex.K
RDA*	2012	6.6	15	205	6.7	3.1	0.19
	2013	6.7	16	245	6.9	2.5	0.35
	2014 (growing)	6.7	19	203	6.8	3.2	0.53
NAS*	2007 ¹⁾	6.3	11	92	4.9	1.6	0.23
	2012	6.4	13	171	5.4	2.2	0.20
	2013	6.4	16	214	6.3	2.6	0.43
	2014	6.7	17	225	5.4	2.2	0.50
Optimum range (rice)		5.5~6.5	25~30	157~180	5.0~6.0	1.5~2.0	0.25~0.30

* RDA: Rural Development Administration, NAS: National Institute of Agricultural Science

1) Hyun et al., 2007

*Corresponding author: Phone: +821062159890, Fax: +82632382424, E-mail: bkhyun@korea.kr

[§]Acknowledgement: This study was carried out with the support of "Soil map revised in landuse rapidly change area (Project No. PJ010853012016)", Rural Development Administration, Republic of Korea.

Introduction

국토의 균형발전을 위해 2005년 6월 24일 농촌진흥청 및 소속기관을 전복 이전계획이 발표되었다. 2008년 12월 30일 지방이전계획 승인 후, 전북 전주시 완산구 만성동, 중동 및 완주군 이서면 갈산리, 반교리 일원에 농촌진흥청 및 4개 소속기관이 이전하게 되었다. 이에 따라, 농촌진흥청의 시험연구사업에 차질이 없도록 농업생명연구단지 시험포장 조성 및 숙전화 방안이 필요하게 되었다. 농촌진흥청의 시험포장 토양의 형태 및 물리적 특성은 대부분 원형지보다 개량이 되었지만 수백년간 유지해 온 토양의 안정성(安定性)은 성토(盛土)와 절토(切土)에 의해 교란되어 지방이전 이후에도 장기간에 걸쳐 세심한 토양관리가 요구된다.

공공기관의 지방이전과 관련된 선행연구 결과는 대부분 국토 및 행정분야에 대한 정책연구에 국한되어 있다 (Lee, 2004; Kim, 2005; Jo, 2005; Choe, 2013). 농진청과 같이 기관의 지방이전으로 새로운 토양을 시험포장으로 사용하기 위한 숙전화 관련 연구결과는 많지 않다. 유기물 처리시 토양 미생물 군집영향 (Ahn et al., 2012). 유기물 사용효과 (Shin et al., 2015) 및 조기숙전화를 위한 유기물공급에 의한 토양 특성변화 (Ahn et al., 2015) 등의 일부 선행 연구가 있다.

이전지역의 세부정밀토양조사 결과 모암은 주로 화강암이 가장 많고 일부 화강편마암, 편암으로 분포되어 있으며 원형지의 지형은 곡간-선상지, 구릉지 및 저구릉지, 그리고 일부 하성평탄지로 구성되어 있다. 토성은 식양질이 가장 많고 사양질도 일부 있으며 대체적으로 유효토심이 깊은 토양들이 분포되어 있었다. 토양배수는 구릉지나 밭은 대부분 양호하고 논토양은 약간불량 내지 불량인 지역도 일부 분포하고 있었다 (Hyun et al., 2007; RDA, 1974; RDA, 2008, ASI, 1984, ASI, 1985; ASI, 1973). 또한, 토양에 대한 적성등급방법에 관한 연구 (Choi and Yuh, 2006; Lee and Lee, 2005; Kim et al., 2007)가 일부 있으며, 토지이용 중에서도 논토양에 대한 적성등급에 관한 선행연구 결과 (Lim et al., 2008; Jung et al., 1986; Shin, 1972)가 일부 보고되어 있다.

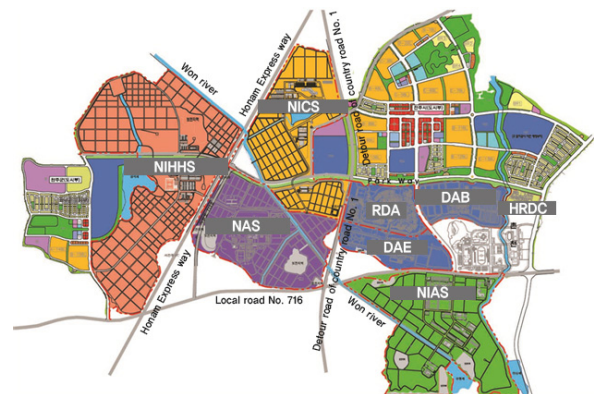
숙전화(熟田化) 기간은 오래 (5~10년) 할수록 좋지만 짧은 기간 (3년 이내)에 완료될 해야 되기 때문에 오랫동안 농업을 경영해 오던 표토, 심토를 활용하여 조기에 비옥도(肥沃度)가 높은 토양으로 기반을 조성하는 작업이 필요하다.

기반조성이 완료된 시험포장은 녹비작물 (동계, 하계)을 재배하여 토양의 물리성과 화학성을 개량하고 토양의 안정화가 필요하다. 또한, 시험포장 숙전화(熟田化)는 시험사업 수행과 동시에 계속 추진해야 하며 매년 토양검정에 의한 비료 및 토양개량제 등 특히 토양유기물 사용과 심경 등으로 토양을 관리해야만 된다. 따라서, 국립농업과학원 시험연구포장 기반조성을 위하여 실시한 숙전화 방법을 소개하고자 한다.

Materials and Methods

농업생명연구단지 조성위치 농촌진흥청 농업생명연구단지 (Green Valley)의 연구기관별 위치는 아래 Fig. 1과 같다. 농업생명연구단지 조성위치는 전북 전주시 완산구 만성동, 중동 및 완주군 이서면 갈산리, 반교리 일원이다.

국립농업과학원 토지이용별 시험포장 면적 전주·완주군으로 이전한 국립농업과학원의 시험포장 면적은 507,254 m²이다. 이 중에서 본청에 속한 국립농업과학원 시험포장 (농업공학부, 농업생명자원부, 농업유전자원센터)의 논 면적은



- RDA : Rural Development Administration
- NAS : National Institute of Agricultural Science
- NICS : National Institute of Crop Science
- NIHHS : National Institute of Horticultural & Herbal Science
- NIAS : National Institute of Animal Science
- DAB : Department of Agricultural Biology
- DAE : Department of Agricultural Engineering
- HRDC : Human Resource Development Center

Fig. 1. Location map of Agricultural Infrastructure Development Research field (Green valley).

Table 1. Research field area according to landuse.

Division	Paddy	Upland	Mulberry	Total
RDA (m ²)	51,271	109,532	52,225	213,028
NAS (m ²)	80,029	73,525	140,673	294,226
Total	131,299	183,057	192,897	507,254
Ratio (%)	25.9	36.1	38.0	100.0

※ RDA: Rural Development Administration, NAS: National Institute of Agricultural Science

51,217 m², 나머지 국립농업과학원(농업환경부, 농업생물부, 농산물안전성부)의 논면적은 80,029 m²이다. 발면적은 본청소속이 109,532 m², 농과원소속이 73,525 m², 상전(뽕나무)으로 사용되는 본청소속이 52,225 m², 농과원소속은 140,673 m²이다. 전체적으로 논은 25.9%, 밭은 36.1%, 상전은 38.0%를 차지하고 있다 (Table 1).

숙전화방법 시험포장 숙전화 기간은 2011년 7월 21일 농업생명연구단지 기공식(본청, 농과원)이후부터 2014년 7월(3년정도) 준공시까지였다.

시험포장조성 시험포장조성은 부지측량, 벌개제근, 표토, 심토 채취 및 적치, 정지 작업, 관배수로 설치, 맹암거설치의 과정을 거쳐 표토, 심토의 되돌기 순서로 진행하였다. 부지측량은 기본지점을 기초로 하여 전체 레벨을 측정하였다. 측량결과에 따라 시험포장마다 측량 말뚝을 박고 난 후에 하천정비, 도로, 고압철탑, 송유관, 문화재개발, 폐기물, 전신주, 분묘이전 등 지장물을 제거하였다. 벌개제근은 과거에 대부분 농경지로 사용한 부분도 많지만, 자연부락(동래), 농로, 임지 등으로 사용하던 지역이라 나무베기, 건축폐자재, 도로 등을 제거하고 시험포장에 유입해서는 안 될 나무뿌리, 돌, 비닐, 건축폐자재 등을 제거하였다. 정지 작업은 시험포장에 사용할 표토, 심토를 채취한 후에 레벨을 조정하였다. 특히, 원형지의 지형은 주로 곡간 및 선상지이며 구릉지가 많기 때문에 대부분 성토(盛土), 절토(切土) 부분이 많이 발생하였다. 논토양은 가능한 한 논 포장으로 사용하고 밭이나 구릉지에는 밭으로 사용하는 것을 원칙으로 하였다. 농로 및 (관)배수로 설치시 농로는 농작업 및 수확 등의 편리를 위해 간선 농로 너비 6 m, 지선농로 전체 5 m 중에서 중앙 3 m는 콘크리트로 포장하고 양쪽 변 1 m씩은 잔디로 식재하였다. 경작도로는 3 m 너비의 콘크리트 포장도로를 만들었다. 배수로 시설은 간선, 지선, 배수, 배수구로 구분하여 U형 콘크리트 구조물로 구축하였다. 관수로 역시 용수관로, 용수지거 등을 설치하였고, 경구마다 공급하도록 시공하였다. 맹암거설치는 장마기의 시험연구포장 내의 침투수, 지하수위 등에 의해 과습으로 인한 산소공급 부족에 따른 작물생육저하, 농작업의 지장 등의 최소화를 위해 설치하였다. 현지 시험연구포장 여건으로 보면 대부분 경사가 0~2% 미만이며 토성이 주로 식양질이기에 때문에 투수속도가 느리고 성토, 절토로 인한 교란으로 기공(땅속의 공기가 차지하는 부분)이 단절되어 배수가 잘 안되기 때문에 밭포장에 대하여 14 m 간격으로 맹암거를 설치하였다. 맹암거 공사 상세도는 Fig. 2와 같다.

맹암거설치 시 표토 30 cm, 심토 30 cm 밑에 높이 30 cm 정도를 자갈(직경 40 mm내외)을 넣고 바닥에 유공관(Φ 100 mm)을 설치한 다음 부직포로 씌운 후 심토부터 되돌리기

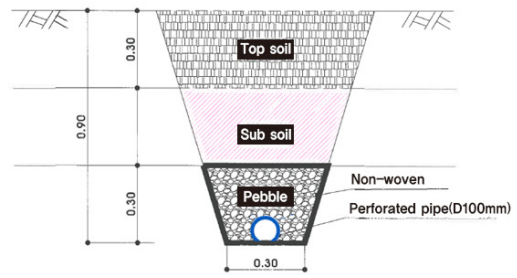


Fig. 2. Construction detailed of drainage culverts.

를 하였으며 그 위에 표토를 되돌리고 정지작업을 하였다. 마지막 공정은 U배수로와 연결하여 유공관에서 나오는 물을 배출시키기 위하여 배수로의 제일 낮은 지점부터 20 cm 상부에 연결하였다. 시공 이 후에 강우가 100 mm 이상 왔을 때 유공관으로 물이 흘러나오는 것을 확인하였다.

숙전화 단계별 작업 국립농업과학원 시험포장 숙전화 단계별 작업 순서는 Fig. 3과 같다.

토양개량제 시용 및 적치 (2011~2012): 표토를 채취하기 전 포장의 균질화 및 숙전화를 위해 토양개량제로 소석회, 용성인비, 가축분퇴비, 볏짚 등을 고루 사용하였다. 시험연구포장 숙전화 과정 중에서 가장 중요한 작업 중 하나이다. 토양의 물리성 개선효과가 가장 큰 표토를 구분하기 때문에 어느 정도 토양비옥도가 유지된 것으로 판단되었다. 표토, 심토 채취 전·후 토양개량제 종류 및 사용량은 Table 2와 같다.

표토의 채취는 토양의 특성에 따라 20~30 cm 정도의 실측 확인 후에 20 m 간격으로 굴삭기를 이용하여 줄파기를 하였다. 불도우저를 이용해 표토, 심토를 채취하였다. 표토, 심토를 채취한 후에 지정된 장소에 논, 밭의 표토, 심토를 구분하여 적치하였다.

토양 되돌리기 및 토양개량제 시용 (2011~2012): 시험연구포장의 성토(盛土), 절토(切土)로 정지작업을 한 후에 경사(레벨)를 측정하였다. 구획이 결정된 시험포장에 경사, 농로, 레벨 등을 감안해 공사 실시 후 적치한 심토부터 되돌리기를 실시하였다. 심토를 30 cm정도로 되돌린 후에 토양개량제를 표토채취시와 동일 종류와 동일량을 사용하고 로타리 후 레벨을 측정하였다. 시험사업을 수행할 때 최소한 유효토심이 50 cm 이상은 되어야 하므로 표토 30 cm, 심토 30 cm로 처리하였다. 심토 되돌리기 후에 표토 30 cm를 되돌리기 후 토양개량제를 사용하고 로타리 작업을 실시하였다. 심토, 표토를 되돌리기 작업 후 이물질(나무뿌리, 비닐, 큰돌, 기타 등)을 제거하고 경운작업을 실시하였다.

녹비작물재배 및 수량조사 초기 조성된 시험연구포

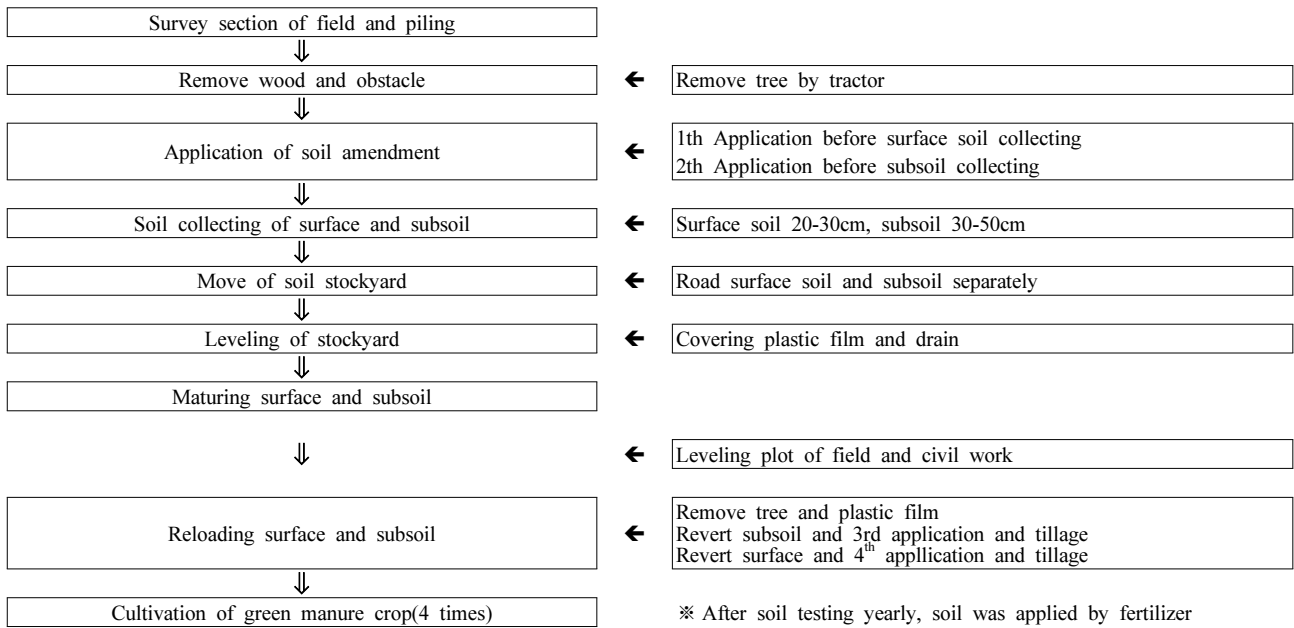


Fig. 3. Flow chart of maturing field.

Table 2. Kinds of soil amendment and application amounts.

Kinds of soil amendment	Application amount (kg10a ⁻¹)	Remarks
Lime (upland)	30	Improvement of acid soil
Fused Magnesium phosphate	37	Phosphate content very lows in land reclamation.
Compost of livestock	60	Cattle manure is recommended
Rice straw	60	10~15 cm cutting

※ Slaked lime in paddy field was recommended 20 kg 10a⁻¹

장의 토양 물리성 및 화학성을 개량하여 토양안정화 및 조기 숙전화(熟田化)를 위한 1차 녹비작물(綠肥作物)을 재배하였다. 녹비작물로 하계는 수단그라스 교잡종 2회(2012~2013), 동계는 호밀 1회(2012), 마지막 해(2013~2014)에는 본청소속 시험포장은 유채, 호밀을 농과원소속 포장은 청보리, 헤어리배치를 재배하여 총 4회를 실시하였다. 파종 시기는 5월 중순~하순에 본청소속 시험포장은 점파, 농과원소속 포장은 조파 하였으며 파종량은 40~50 kg ha⁻¹를 파종하였다. 시비 방법은 인산과 칼리비료는 파종 시 전량 기비로 하고, 질소는 기비(밀거름) 60%, 추비(웃거름) 40%를 분시했다. 추비(웃거름)는 잎이 7~8엽 또는 초장이 30~40 cm 자랐을 때 사용했으며 질소 추비시 비료가 직접엽에 닿지 않도록 주의해서 시비하였다. 습해는 작물생육에 큰 피해를 주므로 파종작업 후 최소 6~10 m 간격으로 트랙터 또는 관리기를 이용하여 배수로를 설치하였다. 수확 전에 시험포장별로 녹비작물을 달관으로 생육작황을 실시해 양호, 보통, 불량으로 구분하여 수량조사를 실시하였다. 수량조사는 초장, 생체중, 건물중을 조사하였다. 매년 수확 후 녹비작물을 전량 토양에 환원하여 심경을 실시하였다.

토양화학성 검정 녹비작물에 대한 시비량은 1년에 2

회 녹비작물을 재배하기 때문에 봄 파종기에는 표준시비로 시비량을 결정하였고, 가을파종에는 토양검정을 통해 시비량을 결정하였다. 토양검정은 매해 가을 시험포장 필지별로 10지점의 토양시료를 채취하여 토양비옥도 향상과 다음해의 비료량을 결정하기 위하여 국립농업과학원 토양화학분석법(NIAST, 2000)에 따라 분석하였다. 토양분석결과와 비료사용처방서를 만들고 그에 따라 화학비료 및 토양개량제를 시비하였다.

숙전화 평가방법 숙전화 평가방법으로 토양물리성은 한국의 토양분류 및 해설(NAAS, 2011)의 토지이용추천기준을 적용하였으며, 토양화학특성은 작물별 시비처방기준 개정정보판(NAAS, 2010)의 자료를 이용하였다. 숙전화 평가 방법은 다음과 같다.

- i) 숙전화 평가 기준은 논, 밭, 과수(상전), 초지포장으로 구분하였다.
- ii) 시험포장별로 각 요인별 총점수가 85점 이상은 우량, 84~60점은 보통, 59점 이하는 미흡으로 평가하였다.
- iii) 토양의 물리성 및 화학성 평가요인
 - 토양의 형태 및 물리적 특성: 토성, 배수등급, 유효

- 토심, 경사, 자갈함량 (5개요인)
- 토양의 화학적 특성: 산도, 유기물, 유효규산 (논), 유효인산 (밭, 과수, 상전, 초지), 칼슘, 칼륨 (5개요인)
- iv) 작물별 시비처방서 기준 활용
- 작물별 시비처방서 기준으로 논 (벼), 밭 (일반밭작물), 과수, 상전 (일반 과수), 초지 (목초지)에 적용하였다.
 - 작물별 적정범위를 기준으로 다음과 같이 구분하였다.
 - 우량 (10점): 작물재배 적정범위
 - 보통 (7점): 적정범위 하한치의 90%~적정범위 하한치까지
 - 미흡 (5점): 보통 범위의 하한치 이하

Results and Discussion

숙전화후 토양비옥도의 변화평가 시험포장별 토양 이화학적 특성은 논토양은 대부분 성토지 (盛土地)가 많고 일부 저구릉지에 절토 (切土)된 자리에도 있으며 토성은 대부분 (미사)식양질이 많으며 배수는 약간불량하고 유효토심

은 70~80 cm정도, 자갈은 없으며 경사는 0~2% 정도이기 때문에 기반조성이 비교적 잘 정비된 것으로 판단된다. 밭 토양은 대부분 절토지가 많고 일부는 성토지에도 있으며 토성은 사양질 내지 식양질이며 배수는 양호하고 유효토심은 60~80 cm정도, 자갈은 거의 없고, 경사는 0~15% 정도이다. 결론적으로 시험포장 기반조성은 잘 갖춰져 있으므로 앞으로 토양비옥도 관리를 잘하고 유기물, 가축분퇴비, 볏짚, 수확잔여물 등을 토양에 환원하여 토양의 물리성 개량과 배수관리 철저히 토양을 안정화 (安定化)시켜야 한다.

토양화학적성은 시험포장 조성 초기부터 끝나는 시점까지 3년에 걸쳐 표토, 심토 되돌리기, 녹비작물 재배 4회 토양 검정결과 비료 및 토양개량제 등 종합토양개량 결과 논의 검정결과는 Table 3과 같다. Hyun (2007)에 의하면 pH 6.3, 유기물 11 g kg⁻¹, 유효규산 92 mg kg⁻¹, 치환성양이온중 칼슘 4.8, 마그네슘 1.6, 칼륨은 0.23 cmol+kg⁻¹이었다.

숙전화후 논시험포장 검정결과 평균산도 6.7, 유기물 17 g kg⁻¹, 유효규산 225 mg kg⁻¹, 치환성 양이온 중 칼슘 5.4, 마그네슘 2.2, 칼륨 0.50 cmol+kg⁻¹으로 유기물을 제외하고는 벼 재배 적정범위였다. 한편 밭토양 시험포장 검정결과

Table 3. The changes in soil chemical properties of paddy soils according to year.

Location	Year	pH	OM	Av. SiO ₂	Ex. Cation (cmol _c kg ⁻¹)		
		(1:5)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	Ex.Ca	Ex.Mg	Ex.K
RDA*	2012	6.6	15	205	6.7	3.1	0.19
	2013	6.7	16	245	6.9	2.5	0.35
	2014 (growing)	6.7	19	203	6.8	3.2	0.53
	2007 ¹⁾	6.3	11	92	4.9	1.6	0.23
NAS*	2012	6.4	13	171	5.4	2.2	0.20
	2013	6.4	16	214	6.3	2.6	0.43
	2014	6.7	17	225	5.4	2.2	0.50
Optimum range (rice)		5.5~6.5	25~30	157~180	5.0~6.0	1.5~2.0	0.25~0.30

* RDA: Rural Development Administration, NAS: National Institute of Agricultural Science

1) Hyun et al., 2007

Table 4. Changing of soil chemical properties in upland according to year.

Locations	Year	pH	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. cation (cmol _c kg ⁻¹)			LR
		(1:5)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	Ex.Ca	Ex.Mg	Ex.K	(kg10a ⁻¹)
RDA*	2012	5.9	9	101	7.0	3.5	0.21	272
	2013	6.6	13	96	8.7	2.3	0.29	63
	2014 (growing)	7.0	14	132	8.1	2.9	0.43	133
	2007 ¹⁾	5.9	13	688	6.1	1.8	0.86	-
NAS*	2012	5.4	9	144	4.7	2.0	0.37	464
	2013	5.8	13	125	6.4	2.0	0.43	207
	2014	6.4	14	126	6.5	2.4	0.56	394
Optimum range (barley)		6.5~7.0	20~30	150~250	6.0~7.0	2.0~2.5	0.45~0.55	-

* RDA: Rural Development Administration, NAS: National Institute of Agricultural Science

1) Hyun et al., 2007

는 Table 4와 같다.

토양분석결과 현재 산도 6.4, 유기물 14 g kg⁻¹, 유효인산 126 mg kg⁻¹, 치환성 양이온 중 칼슘 6.5, 마그네슘 2.4, 칼륨 0.56 cmol+kg⁻¹으로 대부분의 함량이 발작물 재배 적정 범위였으나 유기물 함량은 미달되었다. 유기물은 2~3년 내에 적정범위 내에 들어가기 힘들기 때문에 점진적으로 개량을 해 나아가야 된다고 생각된다. Fig. 4는 년도별로 유기물 함량의 증가량을 나타낸 것이다. 적정치인 20~30 g kg⁻¹ 이상이 되려면 토양숙전화가 시작된 2012년부터 5년후인 2016년에 가서야 정상적인 토양관리를 수행했을 때 유기

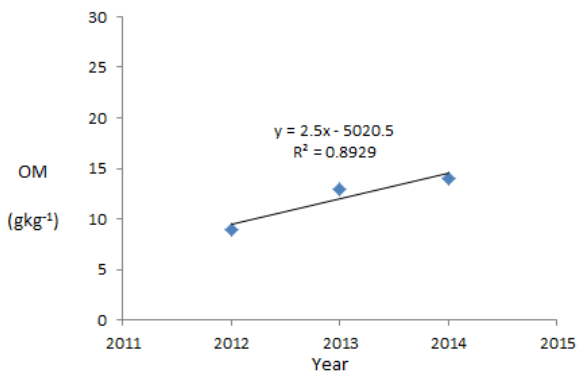


Fig. 4. Organic matter contents according to year

물 적정범위 하한치인 20 g kg⁻¹ 수준에 도달할 것으로 판단된다.

숙전화 평가결과 본청소속 시험연구 포장별 숙전화 평가 결과는 Table 5와 같다.

본청소속의 시험포장별 숙전화 평가결과 1~6차 숙전화 단계를 종료한 시험포장들은 90~95점 범위로서 우량으로 평가되었고 1~2차 표토, 심토 채취 및 되돌리기만 하고 녹비작물 재배를 하지 않은 농기계 시험포장 논, 밭은 80~83점으로 보통으로 나타났다. 각각의 포장중에서 본청소속의 생명연구단지 GMO발포장 숙전화 결과는 Table 6과 같다.

GMO 밭 토양의 경우 시험연구 포장의 숙전화 평가는 각 요인별 총 90점으로 우량으로 판정되었으며 기반조성인 토양의 형태 및 물리적 특성은 잘 구축되어있고 화학적특성 중 다른 요인은 작물재배 적정범위 내에 속하였다. 하지만 유기물은 현재 10.8 g kg⁻¹으로써 발작물 적정범위인 20~30 g kg⁻¹까지 올리려면 매년 퇴비 및 가축분퇴비를 증시해야 하고 유효인산함량은 현재 76 mg kg⁻¹으로써 적정범위 150~250 mg kg⁻¹까지 올려야 한다. 이 포장의 토양관리 방법은 명거배수로를 철저히 관리하고 2~3년마다 심경 (18 cm 이상)을 실시하고 거친 유기물을 증시하여 토양물리성과 안정화를 시켜야한다. 그리고 매년 토양검정을 실시하여 시

Table 5. Evaluation of maturing research field of RDA.

Division	Landuse	No. sample	Grade	Remarks
GMO	upland	90	superior	1~6th maturing soil
	paddy	95	superior	1~6th maturing soil
Genetic resource	upland	92	superior	1~6th maturing soil
	paddy	95	superior	1~6th maturing soil
Mulberry genetic resource	mulberry	95	superior	By itself control because early use
Agricultural machine	upland	83	average	No cultivation of green manure
	paddy	80	average	No cultivation of green manure

Table 6. Evaluation of maturing research field of GMO upland.

Division	Soil factor	Unit	Value	Grade
GMO upland	Soil texture	-	Fine loamy	10
	Dranage classes	-	well	10
	Av. soil depth	cm	70	10
	Slopness	%	0~2	10
	Gravel contents	%	10	10
	pH	1 : 5	6.6	10
	OM	g kg ⁻¹	10.8	5
	Av. P ₂ O ₅	mg kg ⁻¹	76	5
	Ex. Ca	cmol ⁺ kg ⁻¹	8.5	10
	Ex. K	cmol ⁺ kg ⁻¹	0.61	10
Total	10 factors	-	-	90

Table 7. Evaluation of maturing research field of NAS.

Division	Landuse	Total	Grade	Remarks
Mulberry1 (9)	Mulberry	84	average	
Mulberry2 (10)	Mulberry	85	superior	
Mulberry3 (5)	Mulberry	82	average	By itself control because early use
Mulberry test (6)	Mulberry	82	average	
Organic farm1	Paddy	95	superior	
Organic farms (4)	Upland	91	superior	
Bee and honey (3)	Upland	86	superior	
Agricultural ecosystem (2)	Paddy	90	superior	
Hazardous substance (2)	Paddy	95	superior	
Bioassays (2)	Paddy	95	superior	
Rice pest and insect1 (8)	Paddy	95	superior	1~6th maturing soil
Pesticide hazard1	Paddy	85	superior	
Pesticide hazard2 (2)	Upland	87	superior	
Weed resource (2)	Upland	87	superior	
Rice pest and insect2 (2)	Upland	87	superior	
Soil management (2)	Upland	92	superior	
Plant nutrient (3)	Upland	92	superior	

Table 8. Evaluation of maturing research field of soil management field.

Division	Soil factors	Unit	Value	Grade
Soil management	Soil texture	-	Fine loamy	10
	Drainage classes	-	Well	10
	Av. soil depth	cm	70	10
	Slopeness	%	0~2	10
	Gravel content	%	10	10
	pH	1 : 5	6.9	10
	OM	g kg ⁻¹	12	5
	Av.P ₂ O ₅	mg kg ⁻¹	238	10
	Ex. Ca	cmol ⁺ kg ⁻¹	5.8	7
	Ex. K	cmol ⁺ kg ⁻¹	0.64	10
Total	10 factors	-	-	92

험포장에 맞는 시비관리를 해야 된다. 농과원 시험연구포장의 숙전화 평가결과는 Table 7과 같다.

농과원 소속 시험포장별 숙전화 평가결과 1~6차 숙전화 단계를 종료한 시험포장들은 85점 이상 우량으로 평가되었고 1, 2차 표토, 심토 채취 및 되돌리기만 하고 조기사용으로 숙전화를 자체관리한 누에사료포장 등은 82~85점으로 보통 이거나 우량으로 평가되었다. 농과원 토양관리연구(밭) 포장숙전화 평가결과는 Table 8과 같다.

토양관리연구 밭 시험연구 포장의 숙전화 평가는 각 요인별 총 92점으로 우량으로 판정되었으며 기반조성인 토양의 형태 및 물리적 특성은 잘 구축되었으나, 화학적 특성 중 유기물, 칼슘은 적정범위에 미달하였다. 유기물은 현재 12 g kg⁻¹으로써 밭작물 적정범위인 20~30 g kg⁻¹까지 올리려

면 매년 퇴비 및 가축분퇴비를 증시해야 하고 유효인산함량은 현재 238 mg kg⁻¹으로써 적정범위 150~250 mg kg⁻¹내에 있었다. 이 포장의 토양관리 방법은 명거배수로를 철저히 관리하고 2~3년마다 심경(18 cm 이상)을 실시하고 거친 유기물을 증시하여 토양물리성과 토양안정화를 시켜야 한다. 그리고 매년 토양검정을 실시하여 시험포장에 맞는 시비관리를 해야 된다.

녹비작물 생육을 통한 개량효과 녹비작물은 총 4차례를 재배하였으며, 1차 하계는 수단그라스교잡종, 2차 동계는 호밀을 재배하였다. 2013년 하계는 수단그라스 교잡종을 재배하였다. 마지막 해에는 본청소속 시험포장의 경우에는 유채(탐라), 호밀을 재배하였고, 농과원 일반포장의 경

우에는 청보리, 유기농시험포장은 헤어리베치를 재배하였다. 종자구입 후에 발아시험을 수행한 결과 발아율은 80%로 적합하였다. 녹비작물의 종류가 다른 것은 공구별로 (본청소속포장, 농과원소속포장), 시험포장의 숙전화 목적에 따라 연구포장별 녹비작물의 요구도가 달랐기 때문에 재배되는 녹비작물이 달랐다. 따라서, 상호간 비교는 같은 작물인 유채, 청보리를 비교 (Table 3, Table 4)하였고, 토지이용별 논, 밭으로 비교 (Table 3, Table 4)하였다.

유채 (탐라) 파종시기는 10월 6일부터 7일에 실시하였으며 유채종자가 세립질이기 때문에 모래와 1:1로 섞어서 동력분무기를 이용해 산파하였다. 파종량은 15~16 kg ha⁻¹, 시비량은 3차 녹비작물 수확 후, 토양검정후 비료사용처방

서에 따라 요소 (기비 40%, 추비 60%), 용성인비, 염화칼리 및 가축분 퇴비는 기비로 시용 후, 경운하여 파종하였다. 특히, 장마기나 눈이 올 때 습해가 우려되므로 파종 후 최소 6~10 m 간격으로 명거배수를 설치하여 배수를 관리하였다. 1 공구 중 GMO 논, 밭, 유전자원 논, 밭 포장의 생육조사 구분은 2014년 4월 8일에 실시하였다. GMO 논 포장에서 논뚝공사, 배수시설공사, 표면불균형 등으로 배수시설이 완전하지 못하여 겨울철에 동해를 입은 부분이 일부 있었으나 전체적인 작황은 양호하였다. 본청소속 시험포장별 녹비작물 (유채)의 수량조사 전에 작황이 양호, 보통, 불량으로 구분한 작황구분도를 기초로 하여 초장, 생체중, 건물중을 조사하였고 그 결과는 Table 9와 같다.

Table 9. Yields of 4th green manure (2013~2014 winter).

Division		Rape growth condition									Remarks
		Well			Average			Poor			
		Height (cm)	Yields (kg10a ⁻¹)		Height (cm)	Yields (kg10a ⁻¹)		Height (cm)	Yields (kg10a ⁻¹)		
	Fresh weight	Dry weight		Fresh weight	Dry weight		Fresh weight	Dry weight			
GMO	upland	135	5,000	955	129	3,000	573	100	2,500	477	
	paddy	88	7,000	770	74	5,000	550	56	3,000	330	Early harvest
Genetic resource	upland	156	5,000	955	148	3,250	621	129	2,250	430	
	paddy	156	5,250	1,003	140	4,500	860	-	-	-	
Mean		134	5,563	921	123	3,938	651	95	2,583	412	

Table 10. Yields of 4th green manure (2013~2014 winter).

Division		Green barley growth conditions									Remarks
		Well			Average			Poor			
		Height (cm)	Yields (kg10a ⁻¹)		Height (cm)	Yields (kg10a ⁻¹)		Height (cm)	Yields (kg10a ⁻¹)		
	Fresh weight	Dry weight		Fresh weight	Dry weight		Fresh weight	Dry weight			
Bee and honey		112	4,350	1,314	-	-	-	-	-	-	
Soil management		108	4,050	1,223	-	-	-	-	-	-	
Weed resource		106	4,050	1,223	-	-	-	-	-	-	
Pest and weed (upland)		112	4,350	1,314	-	-	-	-	-	-	
Plant nutrient		105	3,750	1,133	-	-	-	-	-	-	
Pesticide hazard (upland)		109	4,200	1,268	-	-	-	-	-	-	
Rice pest and insect (paddy)		106	3,750	1,133	98	2,940	982	-	-	-	
Agricultural ecosystem		106	3,780	1,142	97	3,250	1,080	-	-	-	
Hazardous substances		105	3,610	1,090	-	-	-	-	-	-	
Bioassay		105	3,750	1,133	96	2,850	950	-	-	-	
Organic farm		147	4,521	1,365	-	-	-	-	-	-	
Average		111	4,015	1,213	97	3,013	1,004	-	-	-	

시험포장별 작황이 양호한 지역의 녹비작물 초장은 88~156 cm 범위로서, 평균 134 cm이었고 생체중은 평균 5,563 kg 10a⁻¹, 건물중은 921 kg 10a⁻¹으로 화본과인 수단그라스보다는 수량이 적었다. 유채작황이 양호한 곳에서 건물중은 유전자원 논이 가장 높았고, GMO 논이 가장 낮았다. 작황이 보통인 곳은 초장이 평균 123 cm, 생체중 3,938 kg 10a⁻¹, 건물중 651 kg 10a⁻¹이었다. 작황이 불량한 지역은 0~7%로 시험포장 가장자리에서 수량이 적게 나타났다. 농과원 시험연구 포장의 녹비작물 (청보리)의 포장별 수량조사 결과는 Table 10과 같다.

시험포장별 녹비작물 수량은 작황이 양호한 지역의 초장은 105~147 cm로 평균 111 cm였으며, 생체중은 평균 4,015 kg 10a⁻¹, 건물중은 1,213 kg 10a⁻¹으로 수단그라스 교잡종보다 건물중이 적었으며 본청 소속의 유채보다는 약간 높았다. 청보리 작황이 가장 양호한 곳에서 건물중이 가장 높은 곳은 유기농시험연구포장이었고, 가장 떨어지는 곳은 유해물질관련 포장이었다. 작황이 보통인 지역은 초장 평균 97 cm, 생체중 3,013 kg 10a⁻¹ 그리고 건물중은 1,004 kg 10a⁻¹이었다.

향후 시험포장 토양관리 방안 농촌진흥청 농업생명연구단지 (Green Valley) 토지공급 특성은 원형지로 공급받아 개발한 것이 특징이며 수백 년 동안 농업을 경영하던 표토, 심토 토양을 시험포장조성에 잘 활용하였다고 생각된다. 원래 시험포장 숙전화는 5~10년 정도 소요되나 초기에 (3년) 숙전화작업을 진행하다보니 어려움이 많았다. 토지를 원형지로 받다보니 지장물처리 (하천정비계획, 한천철탐 지하매설, 상수도관 이설, 우회 도로개설, 송유관, 문화재 개발 등) 때문에 관계기관이나 지자체와의 협의시간이 장시간 소요되었다.

국립농업과학원 시험포장은 2011~2014년 (3년)까지 생명연구단지 (Green Valley) 시험포장 기반조성 및 숙전화작업을 수행하였지만 토양생성작용에 의한 토양이 아닌 절토 (切土) 및 성토지 (盛土地)로써 토양이 불안정한 상태로 인위적으로 조성된 토양이다. 수백 년 동안 안정된 농사를 짓던 토양을 어느 날 갑자기 교란시켜 표토, 심토를 채취하고 되돌리기 하여 기반을 조성하고 녹비작물 4회 재배, 매년 토양검정결과 비료사용처방서를 활용하여 화학비료와 토양개량제를 투입하여 숙전화를 수행하였다.

앞으로 시험연구포장관리는 대단히 중요하다. 밭 시험연구포장은 토양물리성이 중요하기 때문에 무엇보다도 명거배수를 잘 실시해야 한다. 전주 혁신도시 주위의 토양은 토성이 주로 식양질이 많고 경사가 완만하여 포장특성에 따라 암거배수 설치는 하였지만 명거배수를 철저히 관리하고 2~3년마다 심경 (18 cm 이상)하여 토양내의 공극 (토양내의 작은 구멍)이 많게 하여 공기유입이 잘 되어야한다. 특히,

토양내의 입단이 잘 발달하여 수직배수가 잘 될 수 있도록 해야 할 것이다. 밭의 경우는 토성이 식양질이며 초기단계의 시험포장이기 때문에 미숙밭으로 분류된다. 토양화학성의 개량은 균형시비가 중요하며 특히 신개간지의 경우 유기물과 유효인산이 부족하고 산도가 낮은 경우가 많다. 무기물은 비교적 단기간 내에서 작물재배 적정범위에 도달할 수 있지만 유기물은 단시일내에 증가시킬 수 없기 때문이다. 거친 유기물이나 가축분퇴비 (가능한 우분)를 사용하여 토양의 물리성을 개량해야 하며 매년 토양검정을 실시하여 토양에 알맞은 비료나 토양개량제를 투입하여 관리해야 한다. 그 외에도 비옥도의 불균일, 시험포장지면 (地面) 불균일, 토층의 불안정 등의 문제점 등을 조금씩 개량해야 될 것이다.

논시험포장은 대부분 토성이 (미사)식양질 이므로 관개를 한번 하면 보수기간이 7~10일 정도 되고 토양배수는 약간불량으로 논토양으로서는 가장 적당하며 유효토심 60~70 cm로 충분하고 자갈함량은 대부분 없으며, 경사는 0~2%로써 1급지에 해당 되고 논토양 유형은 보통답에 속한다. 매년 수확과 동시에 벼짚을 전량 토양에 환원시키고 추경을 실시하며 2~3년마다 심경 (18 cm 이상)으로 작토심을 유지하고 동계에는 녹비작물을 재배하는 방법도 유리하며 매년 토양검정에 의한 비료관리 및 토양개량제를 투입해야 된다. 왜냐하면 유기물 함량이 부족하기 때문에 거친 유기물이나 가축분퇴비, 녹비작물 재배 등을 통하여 토양 용적밀도를 낮추고 공극율을 높여 토양의 물리성을 개량하고 토양의 안정화를 이루는 것이 필요하기 때문이다.

Conclusion

국토의 균형발전을 위하여 농진청이 전주로 이전함에 따라 새로운 시험연구포장조성과 포장의 숙전화가 필요하게 되었다. 따라서, 국립농업과학원의 시험포장 조성 및 숙전화 과정을 소개하고 자 한다.

포장조성은 구획이 정해지면, 기존의 표토와 심토를 각각 따로 채취하여 포장의 균일도를 맞추고 원래의 토양을 심토, 표토 순으로 되돌리기 하였다. 이때, 떨어진 토양비옥도를 유지하기 위하여 토양개량제를 투입하였다.

또한, 포장의 균일도 및 유기물 함량을 높이기 위하여 녹비작물을 4회 재배하였다. 녹비작물재배 마지막해의 유채작황은 농진청소속 포장의 경우 양호한 곳에서의 건물중은 유전자원 논이 가장 높았고, GMO 논이 가장 낮았다. 작황이 보통인 곳은 초장이 평균 123 cm, 생체중 3,938 kg 10a⁻¹, 건물중 651 kg 10a⁻¹이었다. 농과원 포장의 경우 청보리 작황이 가장 양호한 곳에서 건물중이 가장 높은 곳은 유기농시험연구포장이었고, 가장 떨어지는 곳은 유해물질관련 포장이었다. 작황이 보통인 지역은 초장 평균 97 cm, 생체중 3,013 kg 10a⁻¹ 그리고 건물중은 1,004 kg 10a⁻¹이었다.

토양검정결과 논 시험 포장의 평균화학성 중 pH, 유효규산, 치환성 칼슘, 마그네슘, 칼륨 등은 벼재배의 적정범위이었지만, 유기물은 16 g kg^{-1} 으로 적정범위 $25 \sim 30 \text{ g kg}^{-1}$ 에 미달하였다. 밭시험포장의 평균화학성은 pH 6.1, 유기물 12 g kg^{-1} , 유효인산 120 mg kg^{-1} , 치환성 양이온 중 칼슘 5.9, 마그네슘 2.9, 칼슘 $0.61 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 로 대부분 보리(밭) 재배 적정범위에 속하지만, 토양유기물 함량은 적정범위보다 낮았다.

본청소속의 시험포장들의 숙전화평가결과는 90~95점 범위로서 우량으로 평가되었고, 농기계 시험포장 논, 밭은 80~83점으로 보통으로 나타났다. 농과원 소속 시험포장별 숙전화 평가결과는 85점 이상 우량으로 평가되었고 누에서료포장 등은 82~85점으로 보통 이거나 우량으로 평가되었다.

References

- Ahn, N.H., H.S. Choi, S.M. Lee, Y. Lee, H.J. Gee, J.R. Choi, and B.M. Lee. 2012. Effects of organic materials on microbial composition and diversity in new organic farm land. *Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding* 2012. 10. p. 246.
- Ahn, N.H., J.H. Og, J.R. Cho, J.H. Shin, H.S. Nam, and S.C. Kim. 2015. Effects of organic matters application on soil characteristic in new organic farm land. *Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding* 2015. 5. p. 149.
- Agricultural Science Institute (ASI). 1973. *Soil Survey Manual* 1.
- Agricultural Science Institute (ASI). 1984. *Color book of Korean paddy soil*.
- Agricultural Science Institute (ASI). 1985. *Color book of Korean upland soil*.
- Choe, Y.J. 2013. The effects of the psychological state of public employees on organization commitment in a relocating public agency: understanding the mediator effects of public service motivation. *Seoul administration society*. 24(1):221-243.
- Choi, M.S. and H.K. Yuh. 2006. A study on the improvement of grading methods in land suitability assesment. *Land Plan*. 41(5):21-32.
- Jo, S.J. 2005. Relocation of public agencies and the local response: A case of Daegu metropolitan city. *Rev. Local Soc.* 12:34-54.
- Hyun, B.K. 2007. NIAST Annual Report. p. 1352-1367.
- Jung, Y.T., E.H. Park, Y.P. No, and K.T. Um. 1986. Suitability grouping system of paddy soils for multiple cropping (Part 1): Basic experiments. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 19(3):211-216.
- Kim, T.H. 2005. Public sector relocation and balanced regional development: A case of French Experience. *J. Korean Assoc. of Reg. Geol.* 11(1):71-82.
- Kim, W.H., E.J. Hwang, and J.H. Ryu. 2007. An experimental study on the applied method for land suitability assessment. *Morphol. Inf.* 15(4):71-79.
- Lee, J.Y. and H.Y. Lee. 2005. Reconfiguration of the comprehensive suitability values and suitability grading method for the land suitability assessment. *J. Korean Geol. Soc.* 40(1):27-46.
- Lee, S.H. 2004. Public Agencies Relocation Policy to Accomplish the State-balancing Development. *Korean. Pub. Mang. Rew.* 18(1):179-207.
- Lim, S.K., K.C. Song, S.J. Jung, B.K. Hyun, Y.K. Sonn, S.S. Kang, H.R. Choi, Y.J. Lee, and S.H. Jeon. 2008. Reestablishment Criteria for Soil Suitability Classes of Paddy Soil on Changes of Social Condition. *Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding* 2008. 5. pp. 66-67.
- Shin, Y.A., D.K. Moon, M.H. Cho, I.H. Yoo, H.R. Ryu, and M.K. Choi. 2015. Effect of Maturation by Compost Manure application in New Experimental Field. *Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding* 2015. 10. pp. 95-96.
- Shin, Y.H. 1972. Characteristics and classification of paddy soils on the Gimje-Mangyeong plains. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 5(2):1-38.
- Rural Development Administration (RDA). 1974. *Detailed Soil Map of Jeonju-city and Wanju-Gun*.
- Rural Development Administration (RDA). NIAST. 2000. *Soil and plant analysis*.
- Rural Development Administration (RDA). NIAST. 2008. *Super Detailed Soil Map of Jeonju-city and Wanju-Gun*.
- Rural Development Administration (RDA). NAAS. 2010. *The Guide of Soil testing for crops (revised)*.
- Rural Development Administration (RDA). NAAS. 2011. *Korean Soil Classification and Interpretation*.