

장기 유기농 실천 토양의 화학적 특성*

이초롱** · 옥정훈*** · 안민실*** · 이상범*** · 박광래*** · 홍승길*** · 김민기*** · 박충배***

Soil Chemical Properties of Long-term Organic Cultivation Upland

Lee, Cho-rong · Ok, Jung-hun · An, Min-Sil · Lee, Sang-Beom · Park, Kwang-Lai · Hong, Seung-Gil · Kim, Min-Gi · Park, Choong-Bae

To investigate the influence of long-term organic cultivation on soil characteristics, chemical properties of 35 soils in the national scale organically managed over 10 years were analyzed. 57% of soils which were managed by the materials containing livestock manure have higher nutrient concentration than the materials not containing livestock manure. The decomposed composts (containing livestock manure) had higher amount of P_2O_5 , CaO, K_2O than organic fertilizers (not containing livestock manure). In the results, the nutrient concentration of soils in long-term organically managed was higher than optimum range of upland soil, especially pH 6.9, available phosphorus (Av. P_2O_5) 744 mg/kg, exchangeable calcium 9.4 cmol_c/kg, potassium 2.51 cmol_c/kg. On the other hand, more than 50% of soils had lower concentration of exchangeable magnesium than optimum range (soil nutrient distribution was unbalanced). It is suggested that farmers have to be careful to apply organic materials, especially containing livestock manure.

Key words : *livestock compost, nutrient management, organic farming, organic matter, soil characteristics*

* 본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발 사업(과제번호: PJ01010902)의 연구비 지원으로 수행되었음.

** Corresponding author, 농촌진흥청 국립농업과학원 유기농업과(echrong@korea.kr)

*** 농촌진흥청 국립농업과학원 유기농업과

I. 서 론

국제유기농운동연맹(IFOAM)이 정의한 유기농업이란 토양, 생태계, 인류의 건강을 지속 가능하게 하는 생산시스템으로 부정적 영향을 주는 투입자재의 사용보다는 생태적 과정, 생물다양성, 지역상황에 맞는 순환체계에 의존하는 것이다(RDA, 2013).

국내 유기농업은 2000년대 들어서 친환경농업 육성 5개년 계획의 시행과 함께 양적으로 크게 성장하고 있다. 2013년 이후 유기농경지 면적은 저농약 신규인증 중단, 친환경인증 강화 등의 영향으로 다소 주춤하는 경향을 보이나 지속적인 유기농 시장규모의 확대 및 정부의 유기농 육성정책에 따라 유기농업의 전망은 밝을 것으로 예측된다(MIFAFF, 2014; KREI, 2015).

한편 국내 유기농업은 양분을 주로 유기농업자재에 의존하고 있고(Kim et al., 2014; Lee et al., 2006) 그 중 인의 함량이 높은 가축분퇴비를 많이 사용하는 경향이 있다. 유기농시설 재배지와 과수원에서는 일찍이 유효인산을 포함한 양분의 집적이 관찰되었으며 최근 들어 일부 유기농 노지 밭에서 농경지 양분이 높게 유지되는 경향이 보고되고 있다. 국립농업과학원에서 유기농 밭 토양의 화학성을 조사한 결과 유기물함량(43 g/kg), 유효인산(1,221 mg/kg), 교환성양이온(Ca 10.2 cmol/kg, K 1.55 cmol/kg, Mg 3.7 cmol/kg)의 함량이 높았고 가축분 퇴비를 포함한 다양한 유기물의 다량시용을 그 이유로 제시하였다(Cho et al., 2009). 이러한 양분의 불균형은 작물의 생산성과 환경에 부정적인 영향을 줄 수 있어 유기농경지의 지속가능성을 유지하기 위해서는 농경지 양분관리가 매우 중요하다.

본 연구는 10년 이상 장기적으로 유기농을 실천한 노지 밭작물 재배 농가를 대상으로 하여 토양에 투입한 퇴비 종류와 토양 화학적 특성을 조사하여 국내에서 유기농업의 자재의 존도를 파악하고 이에 따른 토양의 특성변화를 분석하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시료 채취 및 농가조사

국립농산물품질관리원에서 유기농 인증을 받은 농가를 지역별로 분류하고 유기농실천경력이 10년 이상인 노지 밭작물 재배 토양 35곳을 선정하였다. 선정된 지점은 경기도 9, 강원도 5, 충청도 6, 경상도 4, 전라도(광주광역시 포함) 11곳 등 총 35지점을 선정하였다. 2016년 3월 말부터 6월까지 농가 방문을 통해 재배작물, 유기농경력과 토양 투입자재(자가 제조 및 시판 자재)를 조사하였고 토양시료도 채취하였다(Table 1).

2. 토양 화학성 분석

현장에서 탐침봉으로 표토 깊이를 측정하고 표토 깊이까지 3~5회 나눠서 토양을 채취하고 충분히 혼합하였다. 채취한 시료는 그늘에서 7일 이상 풍건하여 2 mm 체를 통과시킨 후 pH 및 EC, 유효인산, 총탄소, 총질소, 교환성 양이온 함량을 분석하였다.

Table 1. Investigation items of the visiting research

Items	Contents
Period	Cultivated period, certified period
Application materials	Type and raw materials of application materials*, application amount, decomposition period**

* Type of application materials was divided to commercial materials (decomposed compost and organic fertilizers) and self-manufacturing compost (livestock and farmyard compost).

** Decomposition period was investigated in case of self-manufacturing compost.

토양 pH 및 EC (Electric Conductivity)는 풍건토양 5 g에 증류수 25 ml를 넣고 180 rpm에서 30분 교반 후 1시간 방치 후 pH meter (iSTEK, CP-500L, Korea)로 pH와 EC를 동시에 측정하는 1:5 H₂O법을 이용하여 측정하였다.

유효인산은 토양 5 g에 침출액 20 ml를 넣고 10분간 진탕한 후 No.2 여과지(Advantec, 110 mm)로 여과한 여과액을 UV-VIS spectrophotometer (SHIMADZU, UV-2600, Japan)를 사용하여 720 nm에서 흡광도를 측정하는 Lancaster법으로 분석하였다.

토양내 총 질소 및 탄소함량은 풍건토양 2 g을 원소분석기(Elementar, US/Vario Max CN, Germany)를 이용하여 측정하였다.

토양내 교환성양이온 Ca, K, Mg 은 풍건토양을 1N Ammonium Acetate (pH 7.0)로 침출하여 No.2 여과지로 여과한 여과액을 유도결합플라즈마(GBC, Integra XL Dual, Australia)분광계를 이용하여 측정하였다(NIAST, 2000).

3. 유기농업자재 성분 분석

농가에서 사용하는 유기농업자재 중 부숙유기질비료(A: 우분25%+계분20%+돈분6%+툽밥25%+수피15% 등, B: 계분45%+우분5%+수피27%+툽밥10%+팽연왕겨10% 등, C: 계분50%+우분10%+돈분10%+수피10%+툽밥10% 등) 3종, 유기질비료(D: 아주까리유박75%+채종유박20%+어박5%, E: 아주까리유박62%+채종유박25%+골분2% 등, F: 아주까리유박80%+미강유박3%+팜유박11%+야자유박3%+골분3%) 3종, 총 6종을 구입하여 그늘에서 건조시킨 후 균질화하여 pH 및 EC, 비료성분함량(P₂O₅, CaO, K₂O, MgO)을 각각 분석하였다.

자재의 pH 와 EC는 토양과 동일한 방법으로 실시하였다. 총 인산과 양이온함량은 0.5 g의 자재를 질산 20 ml로 열분해한 전처리시료를 증류수로 희석하여 사용하였다. 총인산은 전처리시료를 Ammonium meta vanadate용액으로 발색시켜 470 nm에서 UV-VIS spectrophotometer을 통해 측정하였고, 총 양이온은 전처리시료를 희석하여 유도결합플라즈마로 측정하였다.

4. 통계 분석

토양 화학성 결과 분석을 위한 통계처리는 Microsoft excel를 이용하여 유의수준 0.05에서 t-test로 비교하였고, 유기농업자재별 다중비교는 SAS program을 이용하여 Duncan-test로 비교하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 장기 유기농 실천 농가의 재배 현황

설문조사를 통해 조사된 35곳의 유기농 실천 기간은 평균 15년이었으며 10년에서 20년 이상 재배한 농가까지 다양하였다. 10년 이상 유기농을 실천해오면서 농가는 여러 토양양분관리 기술을 적용해보고 자신의 토양상태와 작물에 맞는 기술을 찾아 사용해오고 있었다. 조사농가에서 3년 동안 재배된 작물은 38종으로 다양한 작물이 재배되어 왔으며 그 중 5회 이상 재배된 작물은 12종류로 고추, 배추, 콩 순서로 많이 재배되었다(Fig. 1).

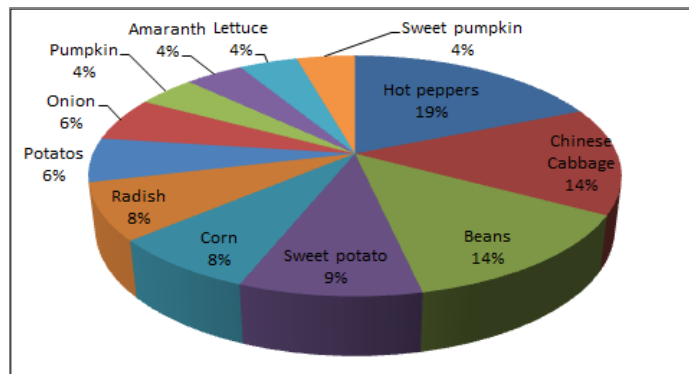


Fig. 1. Crops cultivated in organic farming soils during 3 years.

조사 농가는 주로 투입자재를 사용하여 토양관리를 하고 있었는데 투입자재의 유형은 크게 ①시판자재만을 사용하는 유형(34%), ②자가제조퇴·액비와 시판자재(부숙유기질비료, 유기질비료)를 함께 사용하는 유형(29%), ③자가제조한 퇴·액비만 사용하는 유형(29%), ④투입자재를 거의 사용하지 않는 유형(9%) 4가지로 나뉘었다. 시판자재를 주로 사용하는 농가의 경우 유기농경지의 면적이 넓어 퇴비를 직접 제조하기 힘들거나 유기농퇴비의 재료(무항생제 또는 유기농 축분)를 대량 구하기 힘들기 때문에 시판자재를 사용한다고 하였다. 농가 자가제조 퇴비의 65%는 가축분(우분, 계분, 오리분)을 기본으로 쌀겨, 왕겨, 볏짚, 톱밥 등을 추가하여 퇴비화한 형태(Livestock compost)였으며, 35%는 가축분을 사용하지 않고 볏짚, 쌀겨 등 식물체부산물만을 재료로 하거나 어분이나 생선부산물로 퇴·액비를 만든 형태(Farmyard compost)였다. 유기농가가 사용한 시판퇴비의 50%가 가축분뇨를 포함하는 부숙유기질비료(Decomposed compost)였고 50%는 가축분뇨 없이 유박, 지렁이분변토, 어분, 골분 및 농장부산물을 이용하여 공장에서 만들어진 유기질비료(Organic fertilizer)였다(Table 2).

조사 농가 중 절반이상(57%)이 가축분이 함유된 퇴비를 이용하여 양분관리를 하고 있었다. 가축분퇴비를 사용하는 이유로 ①객토된 토양이나 모래함량이 높은 토양에 양분공급을 많이 하기 위해, ②토양 유기물 함량을 높이기 위해서 등 토양 양분공급양이 많기 때문이라고 답하였다. 가축분이 포함되지 않는 퇴비를 사용하거나 퇴비시용을 하지 않는 농가는 주로 콩, 고구마, 곡류 등을 재배하는 농가로 ①가축분에 포함된 양분이 많아 작물이 웃자라기 때문에, ②토양 양분이 너무 높아져서 사용하지 않는다고 하였다. 이와 같이 유기 재배 농가는 가축분퇴비가 다른 자재에 비해 양분공급량이 많다는 것은 알고 있지만 사용하는 퇴비가 어떤 양분을 얼마나 공급하는지는 알지 못하였다. 또한 농가별로 가축분퇴비 사용량이 적게는 0.1 t/10 a에서 많게는 6 t/10 a까지 상이한 것으로 조사되었다.

Table 2. Use status of organic materials by organic farms

	Ratio (%)		Ratio (%)
CM*	34	Decomposed compost**	50
		Organic fertilizer***	50
SM*	29	Livestock compost**	65
		Farmyard compost***	35
SM+CM	29		
NON*	9		

* CM: Commercial materials, SM: Self-manufacturing compost (or liquid manure), NON: No use of CM or SM

** Decomposed compost and livestock compost contained mainly cattle or poultry manure or mix of them

*** Organic fertilizer and farmyard compost contained mainly rice straw, rice bran, fish meal and born meal.

2. 투입자재 유형별 토양 화학성비교

유기농 밭 토양 35곳 중 ①가축분이 포함된 자가제조퇴·액비 또는 시판 부숙유기질비료를 투입한 토양은 21지점, ②가축분이 포함되지 않은 농장부산물 자가제조퇴·액비 또는 시판 유기질비료를 사용한 토양은 11지점, ③자재를 투입하지 않은 농가는 3지점으로 조사되었다. 자재투입이 거의 없는 3지점을 제외하고는 외부 자재가 토양관리에 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있었다. 각 투입유형별 토양 화학성에 대한 결과는 통계 분석 시 시료수가 3개로 적은 퇴비투입은 비교에서 제외하였다. 가축분이 포함된 자재를 사용한 곳과 사용하지 않은 곳은 토양 총 질소 및 탄소함량, 교환성 칼슘 및 칼륨함량에서 차이를 보였으며 가축분이 포함된 자재를 사용한 토양에서 유의적으로($\alpha=0.05$) 높았다(Table 3).

Table 3. Chemical properties in organically managed soils by organic materials

Application type	pH	EC	Avail.P ₂ O ₅	T-N	T-C	Ca	K	Mg	No. of samples	Application amounts
	(1:5)	(dS/m)	(mg/kg)	(%)		(cmol _c /kg)				
LS*	7.2 ^a	1.53 ^a	905 ^a	0.22 ^a	2.26 ^a	11.0 ^a	3.34 ^a	1.7 ^a	21	0.1~6
NLS*	6.9 ^a	1.10 ^a	698 ^a	0.10 ^b	1.42 ^b	7.9 ^b	1.48 ^b	1.4 ^a	11	-
No use*	5.0	0.37	15	0.01	0.25	2.7	0.66	0.8	3	-

* LS (livestock) included commercial decomposed compost and self-manufacturing livestock compost, NLS (non-livestock) included commercial organic fertilizers and self-manufacturing farmyard compost, No use means no use of any materials. Application amounts of 'NLS' and 'No use' were not replied by farmers. Statistical analysis was conducted on significant level of $\alpha=0.05$.

농가에서 사용하는 시판자재를 구입하여 분석한 결과 유기질비료에 비해 부숙유기질비료에서 칼슘과 칼륨 함량이 높은 경향과 가축분퇴비를 투입한 토양에서 치환성 칼슘과 칼륨이 높은 경향이 유사하게 나타났는데, 투입자재 특성이 토양 화학성에 영향을 준 것으로 판단된다(Table 3, 4).

Lee 등(2004)은 가축분퇴비 사용에 의해 유기농경지에서 인산이 집적되었다고 보고하였지만, 본 연구에서는 가축분 투입 유무와 토양 유효인산은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 가축분을 투입하지 않더라도 인산공급을 위해 골분이 함유된 비료나 찻겨의 시용이 많아 유효인산이 높게 나타난 것으로 생각된다(Table 3).

부숙유기질비료와 유기질비료 성분함량은 평균적으로는 큰 차이가 없었지만, 퇴비의 주 원료 종류와 비율에 따라 차이가 큰 것으로 나타났다. 주로 아주까리유박과 채종유박 등이 주성분이고 골분이나 어박 등이 소량 첨가된 유기질비료의 경우 성분함량이 비교적 일정

하였다. 반면 부숙유기질비료의 경우 가축분 종류와 비율에 따라 성분 차이가 큰 것으로 나타났다. 계분비율이 높은 부숙유기질비료(C)의 경우 우분비율이 높은 비료(A)에 비해 pH, EC, 인산 및 양이온함량이 높은 것을 확인 할 수 있었다. Ahn 등(2013)은 전국의 부산 물퇴비의 원료특성과 성분함량을 조사하였는데 전반적으로 계분이 유기물질과 비료성분 함량이 돈분퇴비에 비해 많다고 보고하였다. 또한 인산농도 역시 계분퇴비가 돈분퇴비에 비해 2.4배 높은 경향을 나타내어 본 연구결과와 유사한 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 계분함량이 높은 부숙유기질비료 사용시 토양 상태와 자재의 성분함량을 모두 고려한 사용이 필요하다(Table 4).

Table 4. Chemical properties of commercial materials

		pH	EC	P2O5	CaO	K2O	MgO
		(1:5)	(dS/m)	(%)			
Decomposed compost	A	6.9d	7.94e	1.0c	1.3d	0.2c	1.0d
	B	8.3b	6.18f	2.4b	2.1b	0.3b	2.2c
	C	8.6a	12.99a	4.3a	3.6a	1.2a	5.6a
Organic fertilizer	D	6.2f	10.08c	2.1b	1.5cd	0.2bc	0.5e
	E	8.0c	11.69b	2.1b	2.3b	0.2bc	2.7b
	F	6.3e	8.36d	2.3b	1.6c	0.3b	0.8d

* A: Cow manure 25%+poultry manure 20%+pig manure 6%, B: poultry manure 45%+cow manure 5%, C: poultry manure 50%+cow manure 10%+pig manure 10%, above data were analyzed with the Duncan test using SAS program.

3. 10년 이상 유기농 밭 토양의 양분 분포

노지 밭 토양의 적정 양분범위를 기준으로 기준치를 초과하는 농가와 기준치 미달인 농가의 비율을 나타낸 결과를 살펴보면 교환성 마그네슘을 제외하고 양분은 전반적으로 적정범위보다 높은 농가가 많은 것을 알 수 있었다. 특히 pH, 유효인산, 교환성 칼슘과 칼륨은 적정범위를 초과하는 지점이 50% 이상인 반면 교환성 마그네슘은 부족한 지점이 50% 이상으로 토양 내 일부 양분의 과잉과 결핍 불균형이 나타나고 있음을 알 수 있다(Fig. 2).

NAAS (2010) 보고서에는 일반 밭 토양 pH는 산성(45%) 범위가 알칼리(32%)보다 많았으나 본 유기농경지 토양 조사에서는 알칼리범위의 토양이 64%로 산성(17%) 범위의 토양보다 많았다. 이러한 토양 pH 상승은 주로 가축분퇴비를 사용하는 유기농경지에서 발생하고 있는데 가축분퇴비에 다량 함유된 칼슘이온이 토양 pH를 상승시키는 원인 중의 하나라고 판단된다.

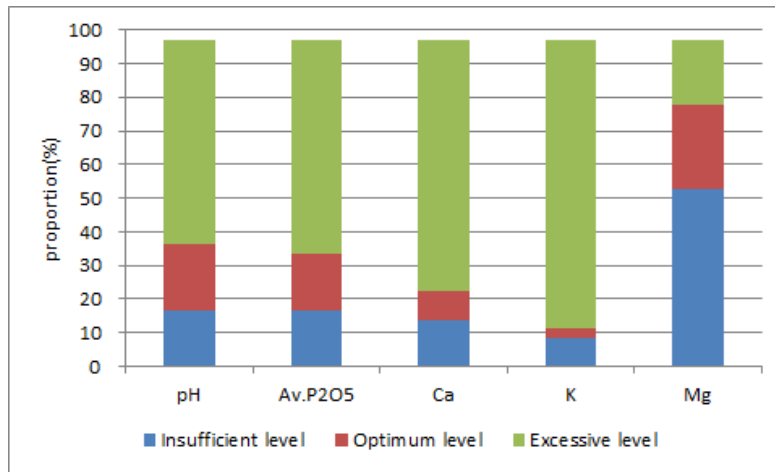


Fig. 2. Distribution Status of chemical properties in organically managed soil.

* Optimum level: ①pH: 6.0~7.0, ②Av.P₂O₅: 300~500 mg/kg, ③Ex. Ca, K, Mg: 5.0~6.0 cmol/kg, 0.50~0.60 cmol/kg, 1.5~2.0 cmol/kg, respectively

유효인산의 경우 NAAS에서 적정범위(300~500 mg/kg)보다 높은 비율이 53.5%로 절반 이상을 차지하여 본 조사와 비슷한 경향을 보였다. 이러한 유효인산의 집적은 일반농경지에서는 노지 밭에서보다 시설재배지에서 주로 발생하였으나 유기농경지에서는 논을 제외하고 노지 밭, 시설재배지, 과수원 등에서 전반적으로 발생하고 있고(Lee et al., 2004; Kim et al., 2000; Lee et al., 2006) 인산함량이 높은 가축분퇴비의 지속적인 사용에 의해 발생(Kim et al., 2000)하고 있음이 보고되고 있다. 본 연구에서 시판 부숙유기질비료의 함량을 조사한 결과 우분을 주로 함유하는 경우 1% 내외, 계분을 주로 함유하는 경우 4% 이상의 인산함량을 가지는 것을 알 수 있었다. 목록공시 시판 부숙유기질비료 87종을 조사한 결과, 계분을 주성분으로 하는 품목이 상대적으로 많아 인산함량이 높은 계분퇴비가 유기농경지에 투입될 빈도가 높을 것으로 판단된다(Fig. 3).

교환성 칼륨은 적정범위(0.50~0.60 cmol/kg)보다 높은 비율이 89%로 교환성 칼슘도 이와 유사한 경향을 보였지만, 교환성 마그네슘의 경우 1.5 cmol/kg 미만의 비율이 56%로 높아 10년 이상 유기농을 실시한 토양에서 다른 양분에 비해 마그네슘의 공급이 원활하지 않음을 알 수 있었다. 마그네슘은 칼륨 및 칼슘이온 등 양이온에 의해 흡수가 억제되는 특징을 가지며 흡수된 마그네슘의 10~20%가 엽록체에 존재하여 광합성에 직접 관여하는 등 식물체내에서 물질대사와 관련되어 작물에 필수적이다. 마그네슘처럼 특정양분이 결핍되면 작물 생산성이 저하되므로 토양 내 칼슘, 칼륨 및 마그네슘을 적정 수준으로 관리할 필요가 있다.

장기 유기농경지 토양 조사결과, 토양 투입자재를 많이 사용하고 있었으며, 투입되는 자재의 종류가 토양 화학성에 영향을 주어 특정양분의 과잉과 결핍을 야기할 수 있음을 확인하였다. 따라서 지속가능한 유기농경지 관리를 위해서 특정양분의 결핍 및 과잉을 적정수

준으로 관리하는 노력이 필요하다. 농가에서는 사용빈도가 높고 원재료함량에 따라 성분함량의 차이가 큰 가축분퇴비를 토양에 투입하기 전에 토양 화학성 상태와 자재 성분함량을 고려할 필요가 있고, 연구자는 토양에 집적된 특정 양분의 이용률을 높여 지속적인 유기농 경지의 양분집적을 저감할 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

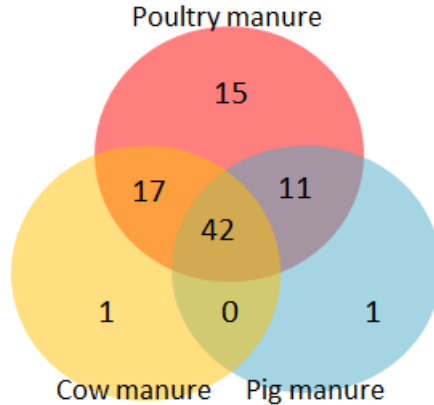


Fig. 3. Classification by main component in commercial decomposed compost.

IV. 적 요

본 연구는 유기농경지의 지속가능한 토양양분관리를 위해 유기농가의 자재의존도와 자재에 의한 토양 특성변화를 알아보기 위하여 2016년 3월부터 6월까지 10년 이상 유기농을 실천한 토양의 화학적 특성과 함께 유기농가의 토양 관리를 위해 사용한 자재의 종류를 조사하였다. 그 결과 유기농가에서는 토양 양분관리를 위해 주로 자가제조퇴·액비 및 시판자재를 사용하고 있어 외부 투입자재의 사용빈도가 높음을 알 수 있었다. 그 중 57%는 가축분뇨가 포함된 자재를 이용하여 토양관리를 하고 있었고 자재 성분분석 결과 가축분의 구성 비율에 따라 자재의 성분함량이 다양하게 나타났다. 토양분석결과 10년 이상 유기농재배를 한 지점의 양분함량은 대체로 높은 경향을 보였으며 농가에서 주로 사용하는 자재에 따라 토양 화학성이 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 특히 가축분퇴비를 주로 사용하는 농가는 교환성 칼슘과 칼륨이 과잉 존재하는 경향을 보였다. 또한 시판자재 분석결과 부숙유기질비료는 가축분의 종류와 비율에 따라 성분함량 차이가 크게 나타났다. 이러한 외부투입자재에 의존한 토양관리는 토양 내 양분 불균형을 야기할 수 있다. 토양 내 양분 불균형은 작물 생산성을 악화시키고 환경오염의 우려가 있어 농가 및 연구현장에서 이를 개선하기 위한 노력이 필요하다. 농가수준에서 토양 양분관리를 위해 사용하기 용이한 시판 부숙

유기질비료의 성분함량을 고려한 신중한 투입이 필요하며, 또한 이러한 유기농경지에서의 양분 불균형 해소를 위해 집적된 양분의 이용률을 증대시키는 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

[Submitted, November. 10, 2016 ; Revised, January. 4, 2017 ; Accepted, February. 7, 2017]

References

1. Ahn, J. H., I. H. Song, and M. S. Kang. 2013. Correlation between raw materials and chemical contents of livestock compost. *J. of Kor. Soci. of Agri. Eng.* 55: 37-45.
2. Cho, H. J., S. W. Hwang, K. H. Han, H. R. Cho, J. H. Shin, and L. Y. Kim. 2009. Physicochemical properties of upland soils under organic farming. *Soil Sci. Fert.* 42: 98-102.
3. Kim, K. C., B. K. Ahn, D. Y. Ko, J. Kim, and S. S. Jeong. 2014. Effects of expeller cake fertilizer on soil properties and tah tasai chinese cabbage yield in organic greenhouse farm. *Kor. J. of Environ. Agri.* 33: 149-154.
4. Kim, P. J., S. M. Lee, H. B. Yoon, Y. H. Park, J. Y. Lee, and S. C. Kim. 2000. Characteristics of phosphorus accumulation in organic farming fields. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 33: 234-241.
5. KREI. 2015. Domestic and Foreign Green of agricultural production and market outlook.
6. Lee, J. H. 2009. Physicochemical properties of upland soils in jeonbuk area. WonKwang University. Master's thesis.
7. Lee, Y. H., S. G. Lee, S. H. Kim, J. H. Shin, D. H. Choi, Y. J. Kim, and H. M. Kim. 2006. Investigation of the utilization of organic materials and the chemical properties of soil in the organic farms in Korea. *Kor. J. of Organic Agri.* 14: 55-67.
8. Lee, Y. J., D. H. Choi, S. H. Kim, S. M. Lee, Y. H. Lee, B. M. Lee, and T. W. Kim. 2004. Long-term changes in soil chemical properties in organic arable farming systems in Korea. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 37: 228-234.
9. MIFAFF. 2014. Certificated amounts of environment-friendly agriculture products.
10. NAAS. 2010. Annual report of the monitoring project on agro-environmental quality. RDA, Suwon.
11. NIAST. 2000. The method of soil and plant analysis. pp. 29-131. RDA, Suwon.
12. RDA. 2013. Training Manual for Organic Agriculture in Korea. p.2. RDA, Suwon.