Effects of Different Organic Fertilizers and Fertilization Method on Red Pepper Growth and soil Chemical Properties

Seong Heon Kim¹, Seong Jin Park², Jae Hong Shim², Hye Bin Seo³, Jae Eun Lim³, Yun Hae Lee⁴, Hyun Young Hwang^{1†}, and Myung Sook Kim^{2*}

¹Post-doctoral Researcher, National Academy of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

²Researcher, National Academy of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

³Technician, National Academy of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

⁴Senior Researcher, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: msk74@korea.kr

†This author contributed equally to this works as corresponding authors.

ABSTRACT

Received: March 6, 2020

Revised: May 4, 2020

Accepted: May 18, 2020

In this study, we investigated the effect of different organic fertilizers and fertilization system on red pepper (*Capsicum Annuum* L.) growth and soil chemical properties. This experiment was carried out; 1) to compared growth and soil chemical properties by different organic fertilizers (MEC: mixed expeller cake, MOF: mixed organic fertilizer, OCF: organic complex fertilizer), and 2) to evaluate the effect of fertilization methods (NPK treatment, Organic fertilizer treatment). Organic fertilizers were applied with two different methods: single application (SA) and split application (SP). The highest yield and nitrogen use efficiency were observed in MOF with SP method. After harvest, soil pH was decreased but, Electrical conductivity was increased in all organic fertilization treatments due to increasing of nitrogen compound such as NO₃-N and NH₄-N. This result indicated that MOF with SP was effective agricultural practice compared to NPK treatment. However, further study should be required to evaluate long-term effect of organic fertilizer application on soil properties and crop yield.

Keywords: Organic fertilizer, Nitrogen use efficiency, Growth characteristics, Red pepper

Yield and nitrogen use efficiency of red pepper under different fertilizer types and fertilization method.

Introduction

고추 (*Capsicum annuum* L.)는 우리나라 음식에 들어가는 재료 중 큰 비중을 차지하고 있는 채소로 국민 1인당 연간 5.7 kg 정도 소비된다 (MAFRA, 2014). 고추의 국내 재배면적은 약 5만 ha이고 생산량은 1만 2천 ton에 이르며 (Kim et al., 2017), 이 중 유기질 비료로 고추를 재배하는 농가의 면적은 전체의 약 4.2% (2,259 ha)으로 연간 3,800 ton을 생산하고 있다 (Yang et al., 2011). 고추는 수급이 불안정 할 경우 소비자 물가에 영향을 미칠 수 있으므로 안정적인 공급을 위한 명확한 생산방법이 필요한 작물이다.

우리나라는 1997년 친환경 농업 육성법 개정을 통해 5년 주기로 친환경 농업 육성 계획 및 실천계획이 수립 및 시행되고 있으며, 이러한 친환경 농업 정책의 일환으로 정부는 유기질비료 지원사업 등과 같은 정책을 통해 유기질비료 사용을 장려하고 있다 (Yun et al., 2011).

유기질 비료는 비료공정규격에서 부산물비료에 속하며, 부산물 비료는 유기질 비료와 부숙 유기질 비료로 구분된다 (RDA, 2017). 유기질 비료는 토양에 시비된 후 무기화 과정을 거쳐 양분을 공급하며, 무기질 비료에 비해 완효적인 특성을 가진다 (Cho et al., 2009; Kim et al., 2018). 유기질 비료의 사용량은 지원사업 등을 통해 208천 ton (2003년)에서 549천 ton (2007년)으로 5년간 약 2배이상 증가하였고 지속적으로 증가하는 추세이다 (Lee et al., 2009). 이와 같이 유기질 비료의 사용량은 증대되고 있지만 사용방법은 아직 농업인의 경험에 의해 행해지는 경우가 많다고 알려져 있다 (Kim et al., 2018). 유기질 비료를 과다 사용하게 되면 토양에 염류를 집적시켜 작물의 수분흡수 저해, 작물 생육 장애 등을 유발할 수 있으며 (Cho and Park, 2002), 축적된 염류로 인해 수질 등에 2차적인 오염을 발생시킬 수도 있다 (Lee et al., 2011). 이에 유기질 비료에 관한 연구는 벼, 상추, 다채, 적겨자 등의 채소 작물을 대상으로 화학비료 대체제로서의 가능성에 대한 연구와 배추, 마늘 등을 대상으로 적정사용량을 산정하기 위한 연구 (Kim et al., 2018; Kim et al., 2019)가 진행되고 있다. 그러나 유기질 비료의 종류 및 사용방법에 따른 작물의 생육 및 토양의 특성변화에 대한 비교실험은 전무하다. 유기질 비료 종류 및 사용방법에 따른 비교 연구의 필요성은 유기질 비료는 제조되는 재료에 따라 혼합유박, 혼합유기질 및 유기복합비료로 구분이 되며 (RDA, 2017), 유기질 비료가 비교적 완효성이지만, 재료 특성에 따라 양분의 함량과 무기화 속도가 다르다 (Cho and Chang, 2007). 또한 작물의 양분흡수는 작물의 종류 및 생육특성에 따라 다르기 때문에 비료의 양분 공급특성 차이가 작물생육에 큰 영향을 미친다고 알려져 있다 (Kim et al., 2019). 선행연구에 따르면 배추는 유기질 비료를 밑거름으로 사용하는 것이 다른 방법에 비해 수량과 품질적인 측면에서 적합하다고 하였으나, 마늘은 전량 시비하는 방법이 유리하다고 보고하고 있다 (Kim et al., 2018; Kim et al., 2019).

이에 본 연구는 유기질 비료 종류 (혼합유박, 혼합유기질, 유기복합비료) 및 사용방법에 따라 고추의 생육 및 토양 특성 변화를 조사하고 이를 통해 고추 재배 시 유기질 비료의 적정사용방법을 제시하고자 하였다.

Materials and Methods

포장시험 본 시험은 천안시 풍세면에 위치한 포장에서 2019년 4월 30일부터 9월 30일까지 진행하였으며 시험 전 토양의 특성은 Table 1과 같다. 포장시험 전 토양의 pH 개량을 위해 석회질 비료를 10a당 300 kg을 사용하였다.

본 시험에 사용된 유기질 비료는 비료공정규격 중 유기질 비료 종류로 분류되어있는 혼합유박 (N:P₂O₅:K₂O = 4:2:2, %), 혼합유기질 (N:P₂O₅:K₂O = 5:1:1, %) 및 유기복합 (N:P₂O₅:K₂O = 9:1:2, %)을 각 1종씩 선발하여 사용하였다.

Table 1. Properties of soil for this study.

pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Cation Ex.			
				K	Ca	Mg	Na
(1:5 H ₂ O)	(dS m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(cmol _c kg ⁻¹)			
5.2	4.2	28.5	596	0.4	5.8	1.4	0.01

Table 2. Amount of fertilization on different fertilizers types and fertilization method.

Treatment	Basal fertilization						Top dressing		
	OF			IF			IF		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(kg ha ⁻¹)								
NPK	0	0	0	103.0	112.0	91.0	87	0	58
MOF	103	51.5	51.5	0	60.5	39.5	87	0	58
SP MEC	103	20.6	20.6	0	91.4	70.4	87	0	58
OCF	103	11.3	22.6	0	100.7	68.4	87	0	58
MOF	190	95.0	95.0	0	17.0	54.0	0	0	0
SA MEC	190	38.0	38.0	0	74.0	111.0	0	0	0
OCF	190	21.2	42.4	0	90.8	106.6	0	0	0

Note) OF: organic fertilizer treatment, IF: inorganic fertilizer treatment, NPK: chemical fertilizer treatment, MEC : mixed expeller cake, MOM : mixed organic matter, OCF : organic complex fertilizer, SP : split application, SA : single application.

포장 시험의 처리구는 유기질비료 종류 및 시용방법에 따라 구분하였고, 시용방법에는 유기질 비료를 전량시비하는 방법과 유기질비료와 무기질 비료를 분시하는 방법으로 나누어 진행하였다. 대조구로 무기질 비료인 요소, 용성인 비, 염화칼리를 사용하여 N-P₂O₅-K₂O를 밑거름으로 103 - 112 - 91 kg ha⁻¹, 웃거름으로 87 - 0 - 58 kg ha⁻¹로 시비하였다. 유기질 비료의 시용은 Eq. (1) 식을 이용해 질소기준으로 계산하였으며 (Kim et al., 2019), 식물체 정식 4주전 시비하였다. 전량시비 방법은 질소 기준 190 kg ha⁻¹에 해당하는 유기질 비료를 전량 시비하였고, 분시 방법은 질소기준으로 기비량에 해당하는 103 kg ha⁻¹를 유기질 비료로 시비하고 추비는 무기질 비료 (요소, 용과린, 염화칼리)로 실시하였다 (Table 2). 유기질 비료 처리구는 질소기준으로 사용하였기에 부족한 P₂O₅ 및 K₂O는 용과린과 염화칼리로 부족한 양분을 추가 시비하였다. 포장에서의 처리구는 3반복으로 완전임의 배치하였다.

$$\text{Organic fertilizer application level (kg ha}^{-1}\text{)} = \quad \quad \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{N application level by soil testing application level (kg ha}^{-1}\text{)} \times [100/\text{N rate of Byproduct fertilizer (\%)}]$$

재배기간 중 대기 기온은 최저 1.2°C 및 최고 29.3°C로 평균 17.1°C였으며 누적강우량은 184.7 mm로 최근 5년간 동일기간의 평균 기온 및 누적강우량과 유사하였다.

식물체 분석 및 질소이용효율 고추 수확은 정식 90일 후 2주간격으로 총 4회 수확량을 조사하였으며, 식물체의 생육특성은 수확 후 엽장, 엽폭 및 생체중을 조사하였다. 생육 조사 후 70°C 건조기에서 48시간 건조한 다음 수분

을 정량하였다. 작물의 질소 이용효율을 조사하기 위한 식물체의 총질소 분석은 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 시료를 습식분해 (HClO₄) 후 킬달장치를 이용해 분석하였다. 유기질 비료의 질소 이용효율 (%)은 아래와 같이 Eq. (2)식을 이용하여 산출하였다 (Yoon et al., 2012).

$$\text{Nitrogen use efficiency (\%)} = \frac{N_{\text{removed by crop (kg/ha)}} - N_{\text{coming from soil (kg/ha)}}}{\text{Fertilizer applied to crop (kg/ha)}} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

토양분석 토양시료는 시험 전 및 수확 후로 구분하여 처리구별로 0 - 15 cm 깊이에서 채취하였으며, 토양분석은 농촌진흥청 국립농업과학원에서 발간한 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 토양 시료의 전 처리는 풍건 조건에서 시료를 건조 후 2 mm체를 이용해 시료를 조제하였다. pH 및 EC는 시료와 증류수를 1:5 (w/v) 비율로 혼합한 후 30분 교반하여 pH meter (Orion star A121) 및 EC meter (Orion star A121)로 측정하였다. 토양의 전탄소 (TC) 및 전질소 (TN)는 원소분석기 (Vario Max, Elementar)로 측정하였으며, 가용성 질소함량은 2 M KCl로 전처리 후 질소자동분석기 (Bran-Luebbe, AutoAnalyzer 3)로 정량하였다. 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온은 1 M ammonium acetate (pH 7.0)으로 침출하여 ICP로 K, Ca, Mg, Na 함량을 분석하였다.

통계분석 모든 데이터는 R program (i386 3.6.3)을 이용하여 처리구별 결과 차이에 대해 유의수준 5%로 Duncan 다중 검정을 하였다.

Results and Discussion

고추의 생육특성 유기질 비료 종류 및 사용 방법에 따른 고추의 생육 특성 및 수량은 Table 3 및 Fig. 1과 같다. 고추의 생육 특성 중 초장은 전량시비한 유기복합비료가 130.4 cm plant⁻¹로 가장 높았으며, 생체중은 분시처리구의 혼합유기질비료 처리구 (677.3 g plant⁻¹), 유기복합비료 처리구 (683.3 g plant⁻¹)와 전량시비한 혼합유기질비료 처리구 (675.4 g plant⁻¹)가 가장 높은 수치를 보였다. 혼합 유박 처리구에 비해 혼합유기질 및 유기복합 비료 처리구가 보다 높은 생육특성을 보인 이유는 혼합유박의 경우 식물성 원료인 아주까리박 등으로만 사용하여 제조된 것이지만 혼합유기질 및 유기복합비료의 경우 식물성 원료 이외에 혼합유기질 비료는 동물성 원료인 가축분이나 혈분 등이 포함되어 있으며 유기복합비료는 광물질까지 첨가되어 있다 (RDA, 2017). 비료 종류에 따른 C/N비 차이로 무기화 속도에 영향을 미칠 수 있으며, 유기질 비료의 종류에 따른 양분 및 미량성분의 차이로 인해 생육특성이 차이가 날수도 있다고 알려져 있다 (Cho and Chang, 2007).

유기질비료 종류 및 시비방법에 따른 고추의 생산량 결과는 Fig. 1과 같다. 유기질비료 종류에 따른 생산량은 생육 특성과 유사한 경향으로 혼합유박 처리구 (SP: 25.1 ton ha⁻¹, SA: 21.9 ton ha⁻¹)에 비해 혼합유기질 비료 처리구 (SP: 27.6 ton ha⁻¹, SA: 26.0 ton ha⁻¹) 및 유기복합비료 처리구 (SP: 26.7 ton ha⁻¹, SA: 23.6 ton ha⁻¹)가 높은 생산량을 보였다. 시비방법에 따른 수량은 전량 시비한 처리구에 비해 분시한 처리구가 처리구별로 각각 3.2 ton ha⁻¹ (혼합유박 처리구), 1.6 ton ha⁻¹ (혼합유기질 비료 처리구) 및 3.1 ton ha⁻¹ (유기복합비료 처리구)씩 높은 생산량을 보였다. 고추는 1작기 중 평균적으로 4회에 거쳐 수확을 하며 수확 후 새로운 고추의 생육을 위해 추비를 4회가량하는 것이 안정적인 수량 및 생육을 위한 방법으로 알려져 있다 (Choi et al., 2008). 유기질 비료는 비효가 완효적인 특성이 있어 전량 시비하

Table 3. Growth characteristics of red pepper under different fertilizers types and fertilization method.

Treatment		Plant height	Fresh weight			
			Root	Stem	Leaf	Total
		(cm plant ⁻¹)	(g plant ⁻¹)			
NF		111.4b	16.0c	265.7b	239.3b	521.0c
NPK		112.1b	23.3b	291.1ab	319.7a	634.1ab
	MEC	113.9b	20.7c	288.3ab	303.3ab	612.3b
SP	MOF	107.2b	31.0a	284.3ab	362.0a	677.3a
	OCF	107.8b	30.3a	307.0a	346.0a	683.3a
	MEC	109.9b	27.0ab	309.0a	307.3ab	643.3ab
SA	MOF	111.3b	23.7b	318.7a	333.0a	675.4a
	OCF	130.4a	22.7b	288.0ab	304.3ab	615.0b

Note) NF: no fertilization, NPK: chemical fertilizer treatment, MEC : mixed expeller cake, MOM : mixed organic matter, OCF : organic complex fertilizer, SP : split application, SA : single application, Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, $p < 0.05$).

Fig. 1. Yield of red pepper under different fertilizers types and fertilization method.

MEC : mixed expeller cake, MOM : mixed organic matter, OCF : organic complex fertilizer, SP : split application, SA : single application, Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, $p < 0.05$).

는 방법을 사용하지만 고추 재배시 안정적인 수량을 위해서는 전량시비하는 방법보다는 분시로 시비하는 방법이 효과인 것으로 확인되었다.

고추의 질소이용효율 작물의 질소 이용효율은 비료의 적정 사용량을 평가하고 작물의 안정적 생산과 환경 보전의 목표를 달성하기 위해 할 수 있는 하나의 척도이다 (Sang et al., 2014). 이에 본 실험에서는 유기질 비료 종류 및 시비방법에 따른 작물의 질소 이용효율을 조사하였다 (Fig. 2). 무기질 비료 처리구 (63.3%)에 비해 유기질 비료 처리구가 (66.3 - 73.2%) 질소 이용효율이 3.0 - 9.9%범위로 더 높았다. 무기질 비료는 작물에 바로 흡수될 수 있는 형태로 양분이 존재하지만 유기질 비료는 토양 내에서 무기화 과정 거쳐 작물이 흡수할 수 있는 형태로 바뀌기 때문에 (Cho et al., 2009; Kim et al., 2018) 무기질 비료보다 유기질 비료, 가축분퇴비, 유박 등 부숙 유기질비료가 집중 강우 등의 외부요인에 의한 소실이 적으며, 이로 인해 질소이용효율의 변화가 적다는 선행연구 결과와 유사하였다 (Cho et al., 2012). 시비방법에 따라서는 유기질 비료를 분시 처리구 (혼합유박 : 69.8%, 혼합유기질 : 73.2%, 유기복합비료 :

Fig. 2. Nitrogen use efficiency under different fertilizers types and fertilization method.

MEC : mixed expeller cake, MOM : mixed organic matter, OCF : organic complex fertilizer, SP : split application, SA : single application, Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, $p < 0.05$).

72.1%)가 전량 처리구 (혼합유박 : 66.8%, 혼합유기질 : 66.3%, 유기복합비료 : 66.8%)에 비해 3 - 6.9% 더 높은 질소 이용효율을 보였다. 이와 같은 질소이용효율의 결과는 앞서 작물의 생산량과 유사한 경향이었으며, 이는 질소이용효율이 작물 생육 및 수량 반응에 주 요인으로 작용한다는 선행연구와 유사한 경향이었다 (Schulten and schnizer, 1998).

유기질 비료 종류 및 시용방법에 따른 토양 화학성 변화 유기질 비료의 종류 및 시용방법에 따른 토양의 화학성 결과는 Table 4와 같다. 토양 pH는 유기질 비료 시용시 무처리구에 비해 약간 0.1 - 0.4범위로 낮아지는 경향이었는데 이는 유기질 비료에 포함된 유기물이 분해되는 과정에서 유기산 발생하는 무기화과정이나 질산화 과정과 같은 작용에 의해 나타난 것으로 판단된다 (Oh et al., 2013). EC는 무처리구보다 유기질 비료 처리구에서 증가하는 경향이였다. 유기질 비료 시용 시 토양 EC는 5.8 - 16.1%까지 증가하는 선행연구 결과가 있으며 유기질 비료의 무기화 과정에서 EC값에 영향을 미치는 인자 중 하나인 $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 등이 증가됨에 따라 토양 EC가 증가되었다고 사료된다 (Uhm et al., 2012; Kang et al., 1997). 토양 유기물 함량은 유기질 비료 종류간 큰 차이가 없었으나 시비 방법에

Table 4. The soil chemical properties under different fertilizers types and fertilization method at harvesting stage.

Treatment		pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	NO ₃ -N	NH ₄ -N
		(1:5 H ₂ O)	(dS m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)		
NF		6.9a	4.0b	28.3b	993b	131.0d	9.0b
NPK		6.5b	5.9ab	28.6b	1,086ab	189.1ab	6.8c
MEC	SP	6.5b	4.7b	31.7a	886b	151.3c	10.0b
	SA	6.8a	5.0b	26.2c	1,206a	169.8b	9.3b
MOF	SP	6.9a	4.7b	32.9a	1,136a	170.0b	11.1b
	SA	6.8a	6.9a	29.9ab	1,335a	215.6ab	8.8b
OCF	SP	6.7ab	4.6b	31.4a	1,027ab	197.8ab	8.9b
	SA	6.8a	6.7a	29.9ab	1,220a	281.9a	17.1a

Note) NF: no fertilization, NPK: chemical fertilizer treatment, MEC : mixed expeller cake, MOM : mixed organic matter, OCF : organic complex fertilizer, SP : split application, SA : single application, Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, $p < 0.05$).

따라서 분시 처리구가 1.5 - 5.5 g kg⁻¹ 범위로 조금 더 높게 나타났다. NO₃-N 및 Av.P₂O₅ 농도는 유의적인 차이는 없으나 대조구에 비해 유기질 비료 처리구에서 각각 20.3 - 150.9 mg kg⁻¹ 및 43 - 342 mg kg⁻¹ 범위로 증가하는 경향이 있었다. Kim et al. (2018)의 선행연구에 따르면 유기질 비료의 사용량이 증가함에 따라 토양내 염류가 집적되는 연구결과가 있었으며, 이러한 염류 집적으로 인해 환경오염이 일어난다고 알려져 있다 (Lee et al., 2011). 본 시험 결과 또한 무기질 비료 처리구에 비해 유기질 비료 처리구에서 NO₃-N 및 Av.P₂O₅ 농도가 증가하였으며, 이를 통해 장기간 사용할 경우 토양의 염류 집적뿐만 아니라 수계 등으로 유입될 경우 환경오염까지 초래할 수 있을 것으로 판단된다.

Conclusions

본 연구는 유기질 비료의 종류 및 사용방법이 작물의 생육과 토양화학성의 변화에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 유기질 비료 사용 시 NPK 처리구와 유사한 고추 생산량을 보였으며, 유기질 비료 종류 및 시비방법에 따라서는 혼합 유기질 및 유기복합비료를 분시하는 것이 전량 시비하는 것보다 효율적이었다. 고추의 질소 이용효율 또한 전량 시비 방법보다 분시 처리구가 3.0 - 6.9%가량 높았으며, 혼합유기질 및 유기복합비료 처리구가 혼합유박 처리구에 비해 효과적이었다. 유기질 비료 사용 시 토양의 화학적 특성은 NPK 처리구와 유사하였으나 무처리구에 비해서 pH는 감소되고, EC는 증가하는 경향이 있었다. 결론적으로 고추 재배시에는 유기질 비료 중 혼합유기질 비료 및 유기복합비료를 분시하는 것이 효과적이라고 판단되며 양분의 집적 등과 같은 환경오염과 관련된 문제를 평가하기 위해서는 장기 연용실험을 통한 평가가 필요할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

This study was carried out with the support of “PJ0126232020” Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Cho, J.L., H.S. Choi, Y. Lee, S.M. Lee, and S.K. Jung. 2012. Effect of organic materials on growth and nitrogen use efficiency of rice in paddy. J. KORRA. 20(2):211-220.
- Cho, K.R., T.J. Won, C.S. Kang, J.W. Lim, and K.Y. Park. 2009. Effect of mixed organic fertilizer application with rice cultivation on yield and nitrogen use efficiency in paddy field. Korean J. Soil Sci. Fert. 42(3):152-159.
- Cho, S.H. and K.W. Chang. 2007. Nitrogen mineralization of oil cakes according to changes in temperature, moisture, soil depth and soil texture. J. KORRA. 149-158.
- Cho, S.H. and T.H. Park. 2002. Effect of organic fertilizer, Microorganism and sawweed extract application on growth of Chinese cabbage. J. of KOWREC. 10(4):81-85.
- Choi, D.H., J.K. Sung, S.M. Lee, Y.H. Lee, J.M. Kim, J.A. Jung, and B.H. Song. 2008. Selection of useful organic materials as an additional fertilizer for organic Red-pepper production and the application effect. Korean. J. Soil Sci Fert. 41(3):153-157.
- Choi, H.S., L. Xiong, W.S. Kim, K.J. Choi, Y. Lee, and S.K. Jung. 2010. Soil characteristics and leaf and bud developments with different organic fertilizers in a pear orchard. Korean J. Org. Aric. 18(3):363-375.

- Diacono, M. and F. Montemurro. 2012. Long term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Argon. Sustain. Dev.* 30:401-422.
- Kang, B.G., I.M. Kim, J.J. Kim, S.D. Hong, and K.B. Min. 1997. Chemical characteristics of plastic film house soil in Chunhbuk area. *Korea J. Soil Sci. Fert.* 30:265-271.
- Kim, M.J., C.K. Shim, Y.K. Kim, J.H. Park, E.H. Han, and B.G. Ko. 2017. Effect of the concentration of humic acid on growth and yield of organically cultivated hot-pepper. *J. KORRA.* 25(1):67-78.
- Kim, S.C., B.G. Ko, S.J. Park, M.S. Kim, S.H. Kim, and C.H. Lee. 2018. Estimation of optimum organic fertilizer application under fertilizer recommendation system. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 52(3):296-305.
- Kim, S.H., H.Y. Hwang, H.B. Seo, J.E., Rim, S.J. Park, Y.H. Lee, and M.S. Kim. 2019. Response of yield and nitrogen use efficiency for garlic on different types and rates of organic fertilizer. *J. KORRA.* 27(4):35-42.
- Lee, C.H., C.O. Hong, S.Y. Kim, T. Schumachers, and P.J. Kim. 2011. Reduction of phosphorus release by liming from temporary flooded rice rotational system in greenhouse upland soil. *Ecol. Eng.* 37(8):1239-1243.
- Lee, K.S. and W.J. Kim. 2009. The development and use of fertilizer for 40 years in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:195-211.
- Lim, T.J., J.M. Park, S.E. Lee, H.C. Jung, S.H. Jeon, and S.D. Hong. 2011. Optimal application rate of mixed expeller cake and rice straw and impacts on physical properties of soil in organic cultivation of tomato. *Korean J. Environ. Agric.* 30:105-110.
- Mader, P., A.F. Bach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried, and U. Niggli. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296:1694-1697.
- MAFRA (ministry of agriculture, food and rural affairs). 2014. Primary statistics of agriculture field. 299.
- NIAS (national Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Method of soil and plant analysis. RDA. Suwon, Korea.
- Oh, T.S. and C.H. Kim. 2013. Effect of using organic fertilizer on the growth of rice and soil. *Korean J. Crop Sci.* 58:34-42.
- RDA. 2017. Fertilizer regulation, Rural development administration, Suwon, Korea.
- Sang, W.G., Y.D. Kim, S.G. Kang, B.I. Ku, H.S. Lee, M.H. Lee, H.K. Park, and S.H. Lee. 2014. Nitrogen use efficiency as influenced by variable nitrogen levels high yield japonica rice "Boramchan". *K. Agri. And Life Sci.* 45(2):49-54.
- Schulten, H.R. and M. Schunitzer. 1998. The chemistry of soil organic nitrogen:Review. *Boil. Feril. Soils.* 26:1-15.
- Uhm, M.J., J.J. Noh, H.G. Chon, S.W. Kwon, and Y.J. Song. 2012. Application effect of organic fertilizer and chemical fertilizer on the watermelon growth and soil chemical properties in greenhouse. *Korean J. Environ. Agric.* 31(1):1-8.
- Yang, S.K., Y.W. Seo, Y.S. Lee, H.W. Kim, K.C. Ma, K.H. Lim, H.J. Kim, J.G. Kim, and W.J. Jung. 2011. Effects of green manure crops on red-pepper yield and soil physico-chemical properties in the vinyl house. *Korean J. Org. Agri.* 19:215-228.
- Yoon, H.B., J.S. Lee, Y.J. Lee, M.S. Kim, and Y.B. Lee. 2012. Effect of different colored polyethylene mulch on the change of soil temperature and yield of Chinese cabbage in autumn season. *Korean J. Soil. Fert.* 45(4):511-514.
- Yun, H.B., J.S. Lee, Y.J. Lee, R.Y. Kim, Y.S. Song, S.G. Han, and Y.B. Lee. 2011. Chinese cabbage growth effected by black vinyl mulching and organic fertilizer application in spring season. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(6):1107-1111.
- Yun, H.B., W.K. Park, S.M. Lee, S.C. Kim, and Y.B. Lee. 2009. Nitrogen uptake by Chinese cabbage and soil chemical properties as affected by successive application of chicken manure compost. *Korean J. Environ. Agric.* 28:9-14.