

FOOD & CHEMISTRY

Effect of application of coffee sludge and dried food waste powder on the growth *Peucedanum japonicum* Thunberg

Young-Ji Jeon¹, Hyun-Chul Hwang¹, Jin-A Eun¹, Samuel Jung^{2*}, Taek-Keun Oh^{1*}

¹Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: samooel@cnu.ac.kr, ok5382@cnu.ac.kr

*These two authors contributed equally to this work and should be considered co-corresponding authors.

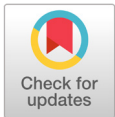
Abstract

This experiment was conducted to study the effect of organic fertilizer on the growth of *Peucedanum japonicum* Thunberg and the change of soil chemical characteristics. The organic matter contents of coffee sludge and dried food waste powder were 44.26 and 51.18%, respectively. These values exceed the organic matter content of organic fertilizers recommended by the Rural Development Administration (RDA) of South Korea by more than 30%. Accordingly, they indicate the possibility of their use as organic fertilizers. The results from the analysis of soil properties after cultivation showed that the organic matter content of coffee sludge amended soils was two-fold higher than that of dried food waste powder amended soils. However, the content of available phosphorus was two times lower in the coffee sludge amendments. It is expected that the dried food waste powder was actively used to decompose organic substances, and that phosphoric acid was added by the soil microorganisms used to decompose organic substances. *In terms of Peucedanum japonicum* Thunberg growth, leaf discoloration was observed for all treatments except with the standard rate of dried food waste powder. The standard rate of dried food waste powder also produced relatively better results than other treatments with regard to other growth characteristics such as root length (34.08 cm), root diameter (0.78 cm), and fresh root weight (4.77 g plant⁻¹). Therefore, the standard rate of dried food waste powder produced better results than other treatments and can be used as an organic fertilizer in the growth of *Peucedanum japonicum* Thunberg.

Key words: coffee sludge, dried food waste powder, organic fertilizer, *Peucedanum japonicum* Thunberg

Introduction

친환경 농업의 다양한 기술 중 핵심 요소는 토양이다. 관행 재배 농가에서 친환경 농업으로 전환하기 위해서는 토양의 지력을 높이는 것이 가장 중요하다(Lee et al., 2006). 화



OPEN ACCESS

Citation: Jeon YJ, Hwang HC, Eun JA, Jung S, Oh TK. 2020. Effect of application of coffee sludge and dried food waste powder on the growth *Peucedanum japonicum* Thunberg. Korean Journal of Agricultural Science 47:193-204. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20200011>

Received: February 17, 2020

Revised: February 26, 2020

Accepted: February 28, 2020

Copyright: © 2020 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

학 비료 사용의 증가는 토양의 산성화, 유기물 함량 감소와 지력 저하를 초래한다(Kim, 1995; Kim, 2002). 또한, 과도한 경우으로 토양 유실과 물리 및 화학성의 악화 등 문제점이 야기되고 있다(Kim, 2002). 이러한 문제점을 해결하기 위해 농업 환경의 보전과 농산물 생산의 지속성 유지 및 안전 농산물 생산 체계를 구축하고자 친환경 농업에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Kim et al., 2006). 친환경 농업에 대한 관심의 증가와 함께 유기성 폐자원의 농업적 활용은 유기 농산물 생산량을 증가시키기 위해 중요한 화학 비료 대체재로 인식되고 있다(Jeong, 2005). 유기성 폐자원은 식품생산과정에서 원료를 일차적으로 가공할 때 배출되며, 쉽게 부패가 되어 심한 악취를 발생시키고, 매립 시 침출수를 야기시켜 지하수 오염 문제를 일으킨다(Lee et al., 1997; Eo, 2018). 하지만 일부 폐기물의 경우 식물에 필요한 양분과 유기물을 함유하고 있기 때문에, 일부 농가에서는 식물 재배에 이를 활용하고 있다(Jeong et al., 2006; Nelson and Janke 2007; Lee et al., 2008). 유기성 폐자원을 유기질 비료의 원료로서 활용하기 위해서는 유기물을 식물 재배 과정에 투입해 양분을 공급해야 하고, 투입된 유기물의 안정적 분해가 필요하다(Nelson and Janke, 2007; Castro et al., 2009). 유기질 비료의 사용은 토양 이화학적 특성을 개량할 수 있다고 알려져 있으며, 이는 토양에 영양분을 균형 공급하고, 유용 미생물 증대 및 입단화 촉진과 같은 물리성에서도 효과가 인정되고 있다(Ham et al., 1994).

유기성 폐자원 중 하나인 음식물류 폐기물은 식품의 판매, 유통 및 조리 과정과 섭취 후 버려지는 쓰레기이다(Park, 2003). 우리나라는 환경 문제 해결과 유기성 폐자원의 재활용을 위해 음식물류 폐기물 퇴비화 시설을 지역별로 설치하여 토양개량제와 유기질 비료 자원으로 활용하고 있다(Jo, 2000; Hong et al., 2006; Lee et al., 2017a). 음식물류 폐기물 퇴비는 토양 유기물 함량 증대와 양분 공급 능력을 확대시켜 식물체의 성장 증가 효과를 보이는 것으로 알려져 있다(Jo, 2000; Lee et al., 2017b). 그러나 음식물류 폐기물이 쉽게 부패하면서 오수와 악취를 발생시키고(Park, 2003; Lee et al., 2019a), 퇴비화 과정에서 음식물류 폐기물 자체에 함유된 다량의 염분과 수분으로 인해 미생물 활성에 악영향을 미치는 문제점이 있다(Kim and Kim, 2000; Lee et al., 2017c; Lee et al., 2019b). 최근 음식물류 폐기물 건조 분말의 경우 비료 성분으로써 악취나 유해성 문제가 없고, 토양 환경에 미치는 영향도 기존 원료와 차이가 없기 때문에 염분 2% 이하, 수분 15% 이하 일 경우 전체 원료의 30% 이내의 범위에서 유기질 비료 원료로서의 활용이 가능하다고 밝혀졌다(RDA, 2019).

또한, 최근 커피 섭취량의 증가로 인해 발생량이 증가하고 있는 커피 슬러지는 원두에서 커피를 추출하고 발생하는 부산물이다. 커피 슬러지는 발생량 중 0.1%만 재활용되고 나머지는 생활폐수에 혼입되거나, 음식물 쓰레기와 함께 배출되어 환경을 오염시키고 있다(Ha, 2015). 이러한 이유로 환경 오염을 최소화하기 위해 새로운 처리 방법 및 환경 친화적 이용 가능성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며(Kim et al., 2012), 그 중 대표적으로 커피 슬러지를 연료, 사료, 비료 첨가물로 활용하는 것에 대한 연구가 이루어지고 있다(Kim, 2013).

약용작물은 과거에는 질병을 치료하기 위한 목적으로 이용되었지만, 최근 건강 기능 식품, 천연물 의약품으로 활용이 증대되고 있다(Kim, 2013). 그 중 식방풍(*Peucedanum japonicum* Thunberg)의 뿌리는 약재로 한방에서 중풍, 가래, 기침, 두통, 전신마비, 해열 등의 효과를 나타낸다고 알려져 있다. 최근에는 식방풍의 잎을 쌈 채소 및 장아찌 등 식용으로 사용하는 인구가 급증하고 있어, 재배면적과 재배량이 늘고 있다(Cho, 2005; Kim, 2013). 하지만 충남 태안, 전남 여수 금오도 지역에서만 집약적으로 재배가 이루어지고 있으며(Jung et al., 2014), 주로 화학 비료를 시비하는 관행 농업으로 재배되고 있다. 약용작물에 대한 농약 잔류 독성, 중금속 등 안전성 문제가 나타나면서 생산량 증가 목적보다는 품질과 안전성이 강화된 환경 친화적인 농업기술을 지향하고 있다. 현재 구기자, 당귀, 오미자, 황기, 황금을 대상으로 유기 재배 기술이 개발되었지만, 아직까지 약용작물의 유기 재배 기술 연구는 시작하는 단계이다(Kim et al., 2016).

따라서 본 연구는 유기성 폐자원의 유기질 비료로서의 활용 가능성 평가와 함께 약용작물의 유기 재배 기술 확립을 위하여 커피 슬러지와 음식물류 폐기물 건조분말의 처리에 따른 식방풍의 생육 특성을 평가하였다.

Materials and Methods

공시 작물 및 공시 토양 선정

공시 작물로는 1년생까지 약용으로 활용 가능하고, 초기 생육 상태에 따라 약재로서의 가치 평가를 받고 있는 식방풍을 사용하였다. (주아람종묘(Aramseed, Seoul, Korea)에서 식방풍 종자 구매 후, 한아름 상토(SSTM, Horticulture nursery media, Goesan, Korea)를 사용하여 충남대학교 농업생명과학대학 유리온실에서 직접 파종하였다.

본 실험 사용된 토양은 (주참그로(Chamgrow, Hongseong, Korea)에서 상토 조제시 사용되는 토양을 구매하여 풍건 후 2 mm 채로 걸러 사용하였다.

유기성 폐자원 수집 및 처리구 설정

본 실험에서 사용된 커피 슬러지는 충남대학교 인근 커피숍 10곳에서 샘플링하여 105°C dry oven (WiseVen, Fuzzy control system, Wisd SciLab, Wonju, Korea)에서 24시간 완전 건조 후 밀봉 보관하여 사용하였다. 음식물류 폐기물 건조 분말은 대전광역시에 소재한 (주화성그린(Hwaseong Green, Daejeon, Korea)에서 수거하여 완전 건조 후 2 mm 채로 걸러 사용하였다.

화학비료 처리구는 농촌진흥청의 작물별 시비 처방기준(RDA, 2010)에 의거하여 N-P₂O₅-K₂O 를 10 a 당 10 : 12 : 7 kg 비율로 처리하였다. 식방풍(1000 kg/10 a)의 비료 표준 시용량은 각 실험에 사용된 column의 면적을 계산하여 처리하였다. 표준 시용량을 기준으로 기준의 반량, 배량으로 처리구를 설정하였다.

식방풍 재배 실험

식방풍은 뿌리를 약재로 사용하기 때문에 뿌리의 유기질 비료 흡수와 시비 효과를 보기 위하여 column을 제작하여 재배 실험을 실시하였다. Column의 크기는 Ø 90 × H 32 cm로 제작하였으며, column 바닥에서 20 cm높이까지 공시 토양을 채운 후, 그 위로 각 처리구를 10 cm 높이로 쌓아 5반복 실시하였다.

생육조사는 국립 종자원의 작물별 특성 조사 기준에 준하여 지상부는 초장(cm), 엽장(cm), 엽폭(cm), 엽수(ea plant⁻¹), 생체중(g plant⁻¹) 및 건체중(g plant⁻¹), 지하부는 근장(cm), 근경(cm), 생근중(g plant⁻¹) 및 건근중(g plant⁻¹)을 조사하여 처리구별 생육을 비교하였다.

토양 이화학적 특성 및 중금속 분석

토양은 작물 재배 전·후 각각 이화학 분석을 하였으며, 작물 재배 전 토양의 이화학 분석 결과는 Table 1과 같다. 작물 재배 후, 토양 이화학적 분석은 column을 10 cm 단위로 분획하여(0 - 10, 10 - 20, 20 - 30 cm) 실시하였다.

토양의 이화학적 특성 분석을 위한 시료는 처리구별 채취한 시료를 풍건 후 사용하였고 ‘토양 및 식물체 분석법 (2000)’에 준하여 실험을 실시하였다. 토양의 pH와 전기전도도(EC, electronic conductivity)는 1 : 5 H₂O 법을 이용하여 풍건 토양 10 g 에 증류수 50 mL을 가하여 30분간 진탕하고 Whatman No. 2 여과지(Whatman, Maidstone, UK)로 여과한 후 pH 와 EC meter (Orion VERSA STAR Advanced Electrochemistry Meter, Thermo Orion, Waltham, USA)를 이용하여 측정하였다. 유기물 함량은 Walkley-Black 방법에 준하여 1N K₂Cr₂O₇을 가하여 반응시킨 후 UV/Vis Spectrophotometer (UV-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 파장 610 nm에서 비색 정량하였다. 유효인산 함량은 Bray No. 1 방법으로 추출하여 Ammonium paramolybdate로 발색시킨 후 파장 720 nm에서 UV/Vis Spectrophotometer (UV-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 비색 정량하였다.

중금속 분석은 토양오염 공정분석(ME, 2009)에 준하여 중금속 전 함량 분석법인 왕수분해(aqua regia)로 실시하였다. 분석 항목은 비소(As, arsenic), 카드뮴(Cd, cadmium), 구리(Cu, copper), 니켈(Ni, nickel), 납(Pb, lead), 아연(Zn, zinc) 등 6개 중금속 원소를 대상으로 실시하였으며, 분석 기기는 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer, ICAP 7000series, Thermo Fisher, Waltham, USA)를 이용하여 측정하였다.

통계분석

실험 결과(n = 5)는 Microsoft Office Excel 2016 (Microsoft, Washington D.C., USA)을 이용하여 평균값과 반복(n = 5)의 표준편차(standard deviation, SD)를 구하였다. 통계프로그램은 IBM SPSS[®] version 24 프로그램 (IBM, NY, USA)을 사용하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)과 반복측정 다변량 분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였고, 유의수준(p)은 0.05 이하로 설정하여 사후분석(post-hoc analysis)은 Duncan 검정법을 사용하였다.

Results and Discussion

커피 슬러지 및 음식물류 폐기물 건조분말 처리에 따른 토양 이화학적 특성 변화

식방풍 수확 후 처리구별 토양을 10 cm 단위로 분획하여 이화학적 분석을 실시한 결과는 Table 2와 같다. 토양의 유기물 분석 결과, 커피 슬러지와 음식물류 폐기물 건조분말 원물의 유기물 함량은 각각 44.26와 51.18%로서 비료공정규격에서 정하고 있는 유기물 함량 30% 이상을 초과하여 유기질 비료로서 활용이 가능하다고 할 수 있다(Fig. 1; Table 1). 유기물 함량은 커피 슬러지 처리구가 음식물류 폐기물 건조분말 처리구보다 약 2배 높은 함량을 보였다. Kang et al. (2019)는 커피 슬러지를 토양에 직접 처리할 경우 다른 유기질 비료보다 부숙 과정이 오래 걸리며 유기물이 안정화된 상태가 아니므로 유기물 분해 속도가 느리다고 보고하였다. 이를 토대로 음식물류 폐기물 건조분말은 생육 약 일주일 후부터 부숙이 시작되어 유기물이 분해되고 식물체 생장에 영향을 주었지만, 커피 슬러지는 부숙 과정이 음식물류 폐기물 건조분말보다 오래 걸려 유기물 분해가 원활하게 이루어지지 못해 유기물 함량이 높게 나타난 것으로 판단된다.

Table 1. Physico-chemical properties of soil and raw materials used in the experiment.

Treatment	Water content (%)	pH (1 : 5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exchangeable cations				Heavy Metal contents					
						K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Soil	9.40	6.21	0.14	2.92	13.45	0.54	0.01	5.38	0.26	0.77	0.03	0.97	0.04	0.66	0.42
Coffee Sludge	9.08	5.29	6.66	44.26	887.12	2.67	0.29	1.35	0.85	0.66	0.01	1.08	0.13	1.05	0.66
Dried food waste powder	4.60	5.41	7.44	51.18	754.92	0.09	0.12	1.57	0.02	0.66	0.01	1.08	0.13	1.05	0.66

EC, electrical conductivity; OM, organic matter; Av. P₂O₅, available phosphorus.

Table 2. Changes in soil properties after *Peucedanum japonicum* Thunberg cultivation.

Soil depth (cm)	Treatment	Water content (%)	pH (1 : 5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)
0 - 10	Control	12.93a	6.91c	0.28de	7.05e	19.32f
	NPK	13.49a	7.21ab	0.71b	5.86e	33.71d
	CS	11.48a	6.67d	0.21e	9.28b	24.32e
	CH	13.53a	6.64d	0.21e	6.63c	16.10f
	CD	10.49a	6.50d	0.25e	14.77a	42.42c
	FS	15.36a	7.22ab	0.59c	5.37cd	76.70b
	FH	17.01a	7.11b	0.39d	4.98de	42.80c
	FD	16.31a	7.39a	1.02a	7.01c	116.48a
10 - 20	Control	15.78ab	6.90b	0.14cd	3.44b	16.48e
	NPK	15.07ab	6.93b	0.18bc	3.46bc	23.67d
	CS	18.22a	6.79b	0.13cd	6.95b	16.14e
	CH	15.37b	6.91b	0.11d	5.56bc	14.20e
	CD	16.69ab	6.81b	0.13cd	10.92a	15.53e
	FS	19.14a	7.45a	0.22b	3.38d	41.86a
	FH	19.55a	7.39a	0.14cd	4.19c	29.83c
	FD	19.43a	7.40a	0.34a	6.83b	35.23b
20 - 30	Control	20.14bc	6.70a	0.11b	2.10a	10.80e
	NPK	20.58bc	6.66a	0.13b	2.04a	18.18b
	CS	20.84bc	6.53a	0.12b	2.19a	14.20cd
	CH	20.35bc	6.55a	0.11b	1.68a	12.12de
	CD	20.97c	6.68a	0.12b	1.73a	14.20cd
	FS	25.64ab	6.66a	0.17a	1.53a	15.80bc
	FH	26.87a	6.68a	0.13b	2.29a	15.80bc
	FD	25.57ab	6.60a	0.20a	1.73a	25.43a

EC, electrical conductivity; OM, organic matter; Av. P₂O₅, available phosphorus; CS, coffee sludge standard treatment; CH, coffee sludge half treatment; CD, coffee sludge double treatment; FS, dried food waste powder standard treatment; FH, dried food waste powder half treatment; FD, dried food waste powder double treatment.

a - f: Values denoted by similar small letters are not significantly different at $p < 0.05$, using Duncan's multiple-range test ($n = 5$).

토양의 유효인산 분석 결과, NPK 처리구에서 0 - 10 cm 깊이의 유효인산 함량은 33.71 mg kg⁻¹으로 무처리구의 유효인산 함량인 19.32 mg kg⁻¹보다 약 1.5배 높은 함량을 나타냈다(Fig. 2). Han et al. (2015)의 연구 결과에서 화학 비료와 유기질 비료에 의해 토양 내 인의 함량이 증가하였는데, 이는 Lee et al. (2019c) 이 보고한 것처럼 비료 시비에 의해 공급된 많은 양의 인을 식물체가 활용하지 못하고 토양 표층에 집적시킨 결과로 예상된다. 한편, 커피 슬러지와 음식물류 폐기물 건조분말 원물의 유효인산 함량은 각각 887.12, 754.92 mg kg⁻¹로 (Table 1) 커피 슬러지 원물에서 약 132.2 mg kg⁻¹ 높은 값을 나타냈지만 토양에 처리 후에는 음식물류 폐기물

건조분말 처리구가 커피 슬러지 처리구보다 약 2배 높은 함량을 보였다. 음식물류 폐기물에서 유기물의 분해가 활발하게 이루어졌고, 유기물 분해에 관여하는 토양 미생물들의 영향으로 유효인산의 함량이 증가한 것으로 예상된다. 본 연구 결과 유기물 함량이 높을수록 유효인산의 함량이 낮아졌는데, Gu et al. (2017)의 논문에서 또한 유기물과 관행논에서 토양을 채취하여 분석한 결과 유기물의 함량이 높을수록 유효인산의 함량이 낮게 나타났다.

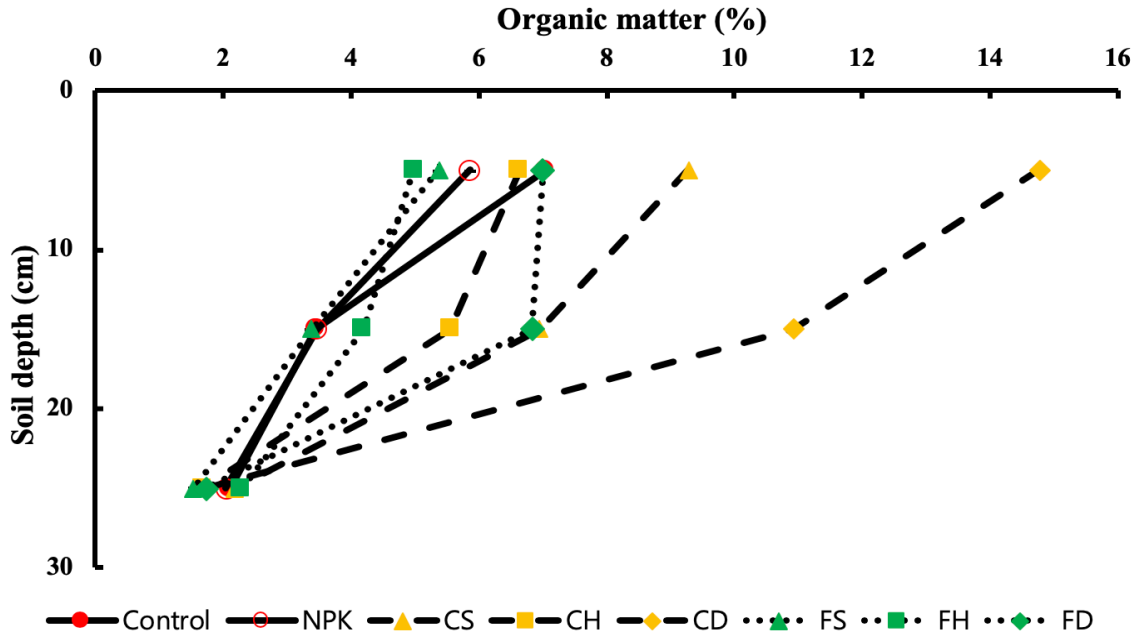


Fig. 1. Changes of organic matter contents with soil depth. CS, coffee sludge standard treatment; CH, coffee sludge half treatment; CD, coffee sludge double treatment; FS, dried food waste powder standard treatment; FH, dried food waste powder half treatment; FD, dried food waste powder double treatment.

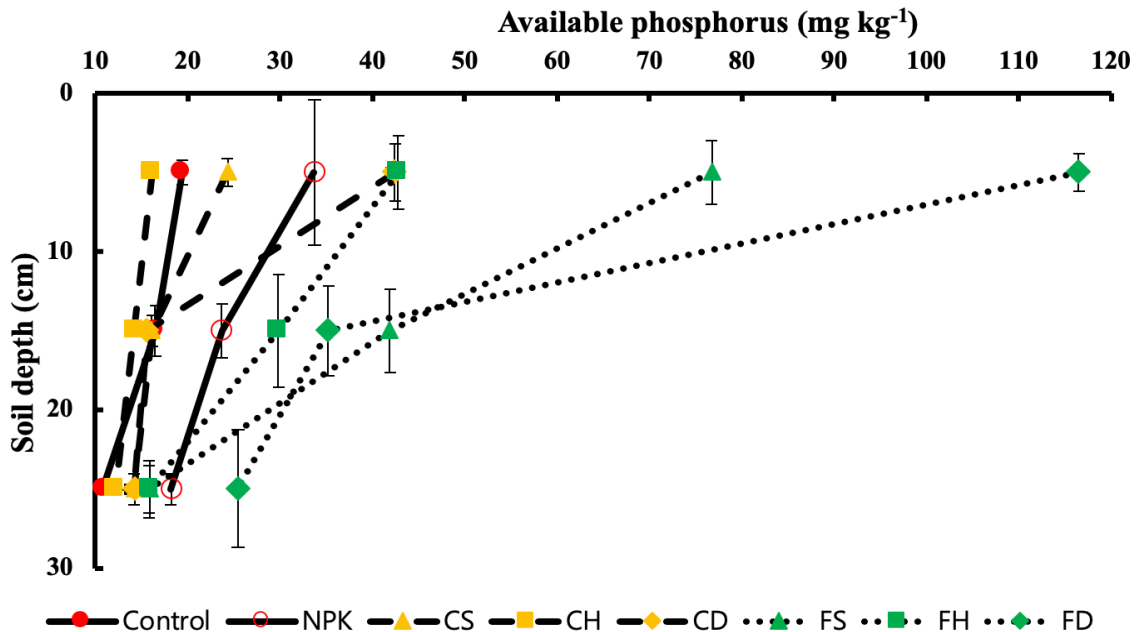


Fig. 2. Changes of available phosphorus contents with soil depth. CS, coffee sludge standard treatment; CH, coffee sludge half treatment; CD, coffee sludge double treatment; FS, dried food waste powder standard treatment; FH, dried food waste powder half treatment; FD, dried food waste powder double treatment.

토양의 수분함량 분석 결과, 음식물류 폐기물 건조분말 처리구 중 0 - 10 cm 깊이의 토양이 커피 슬러지 처리구보다 높은 수분함량을 보유하는 경향을 보였다(Fig. 3). 이는 음식물류 폐기물 원자재의 수분함량이 80% 이상으로 높은 함량을 함유하고 있는 것의 영향으로 예상된다(Kwon et al., 2009). 모든 처리구의 20 - 30 cm 깊이에서 수분함량은 20.14 - 26.87% 범위를 나타내며, 다른 처리구에 비해 높은 수분 함량을 보였다. 이것은 column 바닥에 배수 구멍을 있었으나, 공기의 투과성 부족으로 배수에 문제가 생긴 것으로 사료된다.

토양의 pH 분석 결과, 0 - 10 cm 깊이에서 무처리구와 화학비료(NPK) 처리구의 pH는 각각 6.91, 7.21로 나타났다(Fig. 4). 커피 슬러지 처리구의 경우 0 - 10 cm 깊이에서 pH는 6.50 - 6.67 범위를 보이며 무처리구보다 pH가 낮아진 반면, 음식물류 폐기물 건조분말 처리구의 pH에서는 7.11 - 7.39 값으로 무처리구보다 높게 나타났다. 커피 슬러지 처리구는 고추 시설재배 시 혼합 유박 처리구에서 pH가 낮은 경향을 보인 결과와 유사하였다(Chungbuk Agricultural Technology Institute, 2009). 음식물류 폐기물 건조분말 처리구는 Ham et al. (1994)의 유기질 비료의 시용이 많을수록 pH가 중성 쪽으로 기울인다고 보고된 결과와 유사한 경향을 보였다. 이는 유기질 비료의 종류나 토양 조건에 따라 차이가 보이는 것으로 사료된다. 한편, NPK 처리구는 토양의 깊이가 깊어질수록 pH가 낮아지는 반면, 커피 슬러지와 음식물류 폐기물 건조분말 처리구는 10 - 20 cm 깊이에서 0 - 10 cm 깊이 토양보다 pH가 높아지는 경향을 보이고, 20 - 30 cm 깊이에서는 6.53 - 6.68 범위로 낮아졌다. 이는 Marschner (1995)의 연구 결과 유기질 비료의 전층 시비는 시용된 비료가 작토층 전면으로 분산되어 분해가 빠르게 나타나며 쉽게 용탈된다는 보고에 기인한 것으로 판단된다. 식방풍을 밭에서 재배할 경우 경운을 하기 때문에 경운 효과를 보기 위해 column 실험에서 0 - 10 cm 깊이는 처리구를 토양과 섞어 쌓아 올렸다. 이로 인해 커피 슬러지와 음식물류 폐기물 건조분말 처리구는 10 - 20 cm 깊이까지 용탈되어 pH 변화가 나타났지만, NPK 처리구는 용탈되지 않아 변화가 이루어지지 않은 것으로 판단된다.

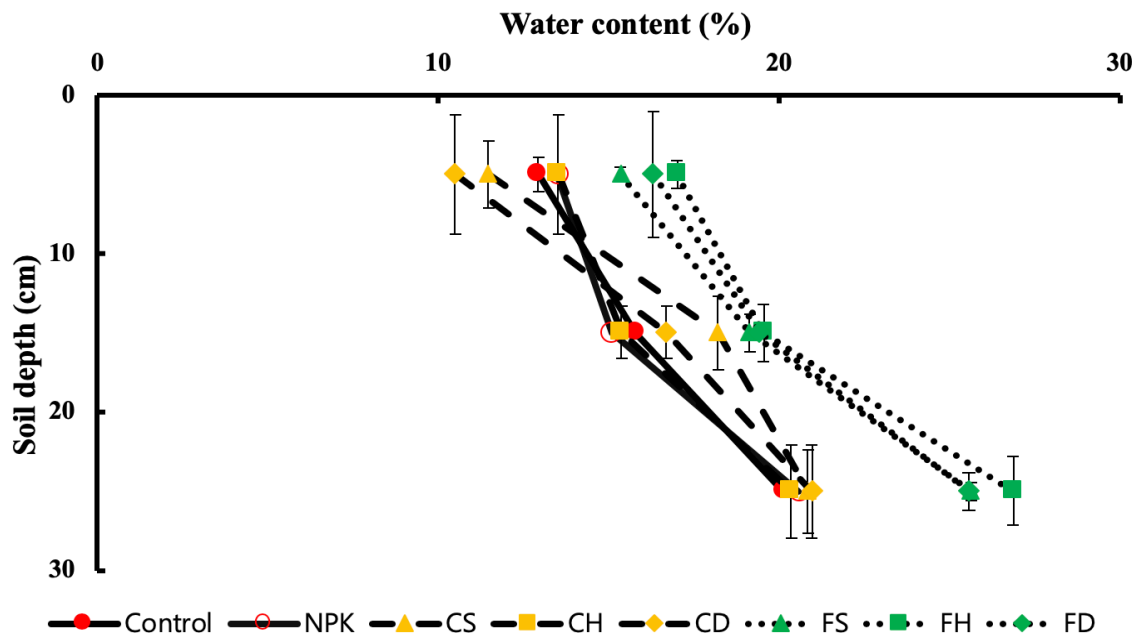


Fig. 3. Changes of the water contents with soil depth. CS, coffee sludge standard treatment; CH, coffee sludge half treatment; CD, coffee sludge double treatment; FS, dried food waste powder standard treatment; FH, dried food waste powder half treatment; FD, dried food waste powder double treatment.

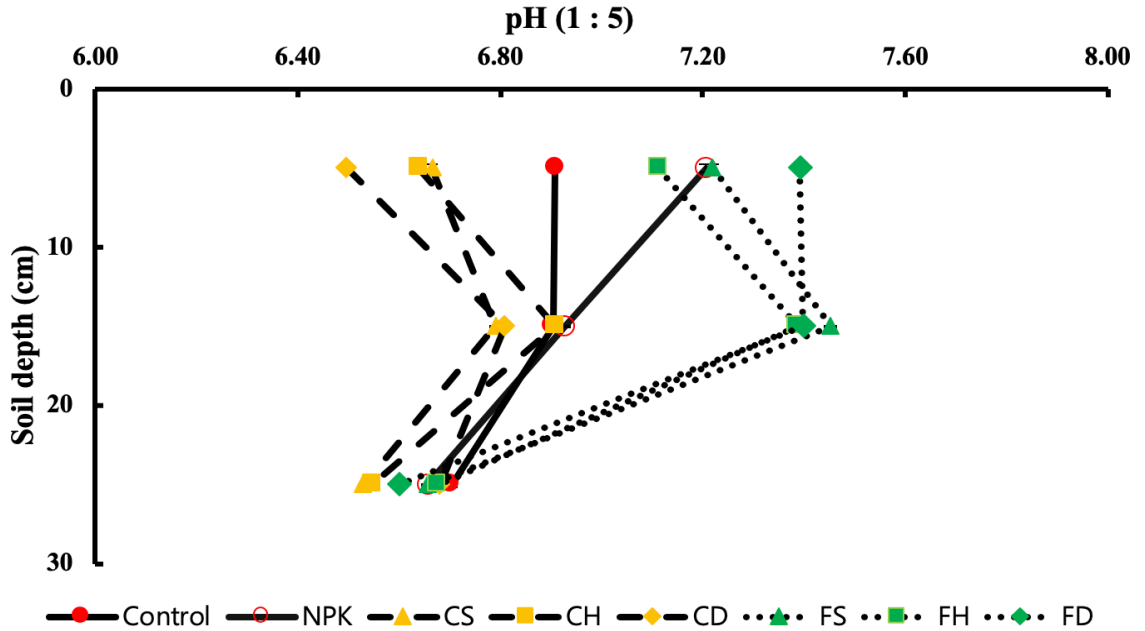


Fig. 4. Changes of pH with soil depth. CS, coffee sludge standard treatment; CH, coffee sludge half treatment; CD, coffee sludge double treatment; FS, dried food waste powder standard treatment; FH, dried food waste powder half treatment; FD, dried food waste powder double treatment.

토양의 EC 분석 결과, 0 - 10 cm 깊이에서 무처리구와 커피 슬러지 처리구의 EC는 각각 0.28 dS m^{-1} 와 $0.21 - 0.25 \text{ dS m}^{-1}$ 범위로 유사한 값을 나타냈다(Fig. 5). 하지만 음식물류 폐기물 건조분말 처리구에서 10 - 20 cm 깊이 토양의 EC 값이 $0.39 - 1.02 \text{ dS m}^{-1}$ 로 높은 경향을 보였으며, 그 중 음식물류 폐기물 건조분말 배량 처리구에서 1.02 dS m^{-1} 로 가장 높은 값을 나타냈다. Park (2003)은 음식물류 폐기물과 왕겨의 염분도와 전기전도도를 비교하였는데, 음식물류 폐기물이 왕겨에 비해 매우 높다고 보고하였다. 세계보건기구(WHO)의 소금에 대한 섭취 권장량 $6 \text{ g/인}\cdot\text{일}$ 이지만, 우리나라의 소금 섭취량은 $20 \text{ g/인}\cdot\text{일}$ 이다. 음식물류 폐기물의 EC 값이 높은 이유는 WHO의 소금 섭취 권장량보다 약 3.5배 높은 섭취량을 보이기 때문인 것으로 판단된다.

커피 슬러지 및 음식물류 폐기물 건조분말 처리에 따른 식방풍 생육 비교

Table 3에서 나타낸 것과 같이 지상부 중 엽폭은 무처리구와 NPK 처리구에서 각각 2.85, 4.23 cm로서 NPK 처리구가 무처리구보다 약 1.5배 크게 성장하였으며, 유의적 차이가 나타났다. 커피 슬러지 처리구에서 엽폭은 3.84 - 4.52 cm로 나타났고, 음식물류 폐기물 처리구 중 기준량(FS, dried food waste powder standard treatment)에서는 6.30 cm, 반량(FH, dried food waste powder half treatment)에서는 4.52 cm로 무처리구보다 약 2 - 3배 길게 성장한 반면 배량(FD, dried food waste powder double treatment)에서는 2.42 cm로 무처리구보다 약 0.5 cm 짧게 성장하였다. 엽폭은 비료 시비량에 의해 생육이 달라지며 과도한 비료 시비는 엽폭을 감소시킨다고 할 수 있다. 음식물류 폐기물 건조 분말 처리구와 NPK 처리구에서 모든 지상부 생육은 유의적 차이를 보였으며, 음식물류 폐기물 처리구 중 FS를 제외한 FH, FD 처리구에서 잎의 황색 반점이 나타났다. Lee et al. (2009)은 잎에서 황색 반점의 발생은 토양 염류 농도가 가장 크게 영향을 미친다고 보고하였다. 음식물류 폐기물 건조 분말 원물의 EC 값은 7.44 dS m^{-1} 로 커피 슬러지 원물보다 약 2배 차이를 보였다. 이를 토양에 처리함으로써 FS를 제외한 음식물류 폐기물 건조분말 처리구에서 다른 처리구보다 EC 값이 약 2배 정도 차이가 나타났기 때문에 잎의 황색 반점 발생에 영향을 미쳤을 것으로 예상된다.

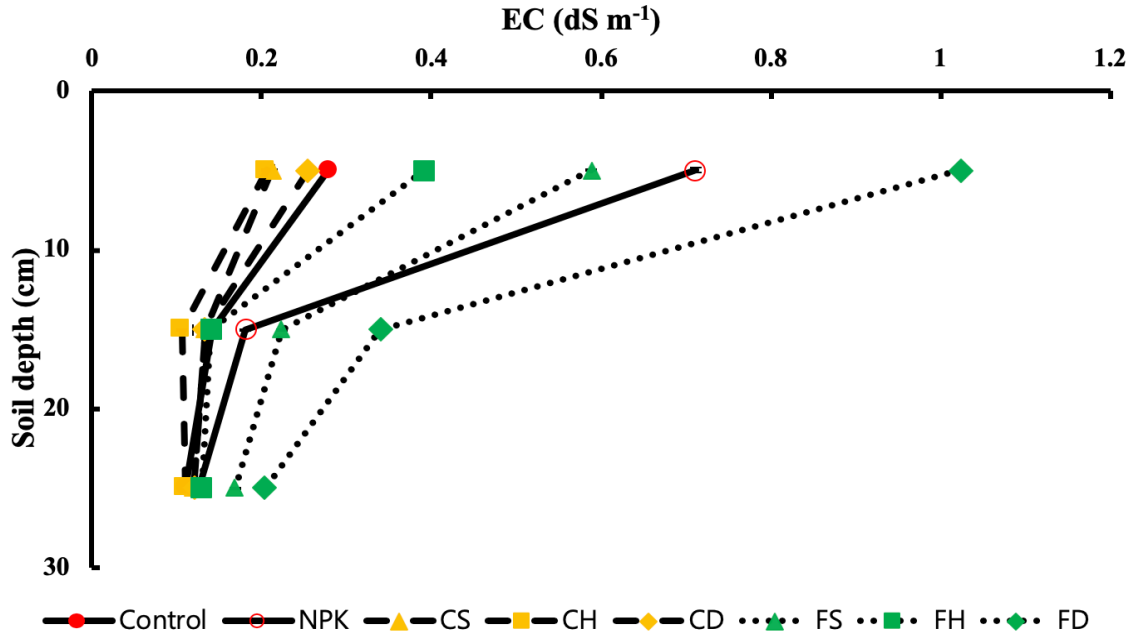


Fig. 5. Changes of electrical conductivity with soil depth. CS, coffee sludge standard treatment; CH, coffee sludge half treatment; CD, coffee sludge double treatment; FS, dried food waste powder standard treatment; FH, dried food waste powder half treatment; FD, dried food waste powder double treatment.

Table 3. Effect of organic and chemical fertilizer on the growth of *Peucedanum japonicum* Thunberg.

Treatment	Shoot							Root			
	Stem length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf number (ea plant ⁻¹)	Fresh shoot (g plant ⁻¹)	Dry shoot (g plant ⁻¹)	Chlorophyll II content (mg g ⁻¹)	Root length (cm)	Root diameter (cm)	Fresh root (g plant ⁻¹)	Dry root (g plant ⁻¹)
Control	3.60d	2.35bc	2.85c	4.00b	0.40c	0.27b	33.35b	8.30c	0.40bc	0.71b	0.66bc
NPK	4.57cd	2.57bc	4.23b	4.00b	1.12b	0.80b	44.17ab	12.60c	1.04a	2.15ab	1.70abc
CS	6.18abc	2.96b	4.52b	4.00b	1.18b	1.00b	39.28ab	22.38b	0.50bc	4.47a	3.55a
CH	6.36abc	2.80b	3.84b	3.80b	0.94bc	0.74b	37.06ab	35.28a	0.54bc	3.71ab	2.98abc
CD	6.72a	2.76b	3.98b	4.20b	0.79bc	0.52b	38.10ab	32.76a	0.46bc	1.16ab	0.67bc
FS	6.94a	4.30a	6.30a	5.80a	2.41a	2.86a	45.80a	34.08a	0.78ab	4.77a	3.03abc
FH	6.52ab	3.26b	4.52b	5.20a	1.42b	1.28b	39.88ab	30.20ab	0.58bc	4.71a	3.21ab
FD	4.80bcd	1.84c	2.42c	3.80b	0.45c	0.31b	37.64ab	10.84c	0.30c	0.32b	0.23c

CS, coffee sludge standard treatment; CH, coffee sludge half treatment; CD, coffee sludge double treatment; FS, dried food waste powder standard treatment; FH, dried food waste powder half treatment; FD, dried food waste powder double treatment.

a - d: Values denoted by similar small letters are not significantly different at $p < 0.05$, using Duncan's multiple-range test ($n = 5$).

지하부는 근장, 근경, 근중 모두 무처리구와 FD는 유의적 차이를 보이지 않았지만, FS에서는 유의적 차이를 나타내었다. 근장은 무처리구는 8.30 cm, NPK 처리구는 12.60 cm였으며, 커피 슬러지 처리구 중 반량 처리구(CH)에서 35.28 cm로 가장 뿌리 생육이 좋았으며, 무처리구에 비해 약 3배, NPK 처리구에 비해 약 2배 길게 성장하였다. 음식물류 폐기물 건조분말 처리구 중 근장은 FS가 34.08 cm로 가장 뿌리의 생육이 좋았으며, 무처리구에 비해 약 3배, NPK 처리구에 비해 약 3배 길게 성장하였다. 근경은 커피 슬러지 모든 처리구에서 0.46 - 0.54 cm이었고, 음식물류 폐기물 처리구에서는 FS가 0.78 cm로 가장 높았으며, FD는 무처리구보다

0.10 cm 낮은 0.30 cm를 나타냈다. 생근중은 커피 기준량 처리구(CS, coffee sludge standard treatment)가 4.47 g plant⁻¹, FS가 4.77 g plant⁻¹ 로 각 처리구에서 가장 높게 나타났으며 무처리구는 0.71 g plant⁻¹, NPK 처리구는 2.15 g plant⁻¹를 나타낸 것으로 고려하면 FS의 생근중이 모든 처리구와 비교하였을 때 가장 높은 값을 보였다. 한편, Kang et al. (2019)는 부숙되지 않은 커피 슬러지를 토양에 처리할 경우 질소 부동화가 일어나 작물 생육에 불리한 영향을 준다고 보고하며 커피 슬러지를 유기질 비료로 활용하기 위해서는 부숙 과정을 거치거나 화학비료와 혼용하여 사용할 것을 추천하였다. 따라서 뿌리를 약용작물로 사용하는 식방풍의 특성을 고려하였을 때 FS를 처리하는 것이 가장 생육에 유리할 것으로 판단된다.

Conclusions

본 연구는 커피 슬러지와 음식물류 폐기물 건조분말 처리에 따른 식방풍 생육 특성 비교를 통하여 유기질 비료로서의 활용 가능성을 평가하였다. 커피 슬러지와 음식물류 폐기물 건조분말 원물의 유기물 함량은 각각 44.26와 51.18%로서 비료공정규격에서 정하고 있는 유기물 함량 30% 이상을 초과하여 유기질 비료로서의 활용 가능성을 확인하였다. 식방풍 재배 후 토양 이화학적 분석 결과 커피 슬러지 처리구에서 유기물 함량이 음식물류 폐기물 건조분말 처리구보다 높았지만, 유효인산이 약 2배 낮은 결과가 나타났다. 음식물류 폐기물 건조분말이 부숙되면서 유기물의 분해가 활발하게 이루어졌고, 유기물 분해에 관여하는 토양 미생물들로 인산의 함량이 증가한 것으로 예상된다. 식방풍 생육을 비교하였을 때, 지상부에서는 음식물류 폐기물 건조분말 기준량을 제외한 모든 처리구에서 황색 반점이 발생하였고, 특히 음식물류 폐기물 건조분말 기준량 처리구에서 지하부는 근장 34.08 cm, 근경 0.78 cm, 생근중 4.77 g plant⁻¹으로 뿌리 생육이 다른 처리구와 비교했을 때 가장 우수하였다. 따라서, 유기물 함량을 고려하였을 때 커피 슬러지와 음식물류 폐기물 건조분말은 유기질 비료로서 활용 가능하며, 식방풍 재배 시 음식물류 폐기물 건조분말을 기준량 처리할 경우 다른 처리구에 비해 생육이 우수할 것으로 예상된다.

Acknowledgements

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ010925022019)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Authors Information

Young-Ji Jeon, Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Master student
Hyun-Chul Hwang, Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Master student

Jin-A Eun, Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Undergraduate student

Samuel Jung, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Professor
Taek-Keun Oh, Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Professor

References

- Castro E, Manas P, las Heras JD. 2009. A comparison of the application of different waste products to a lettuce crop: Effects on plant and soil properties. *Scientia Horticulture* 123:148-155. [in Korean]
- Cho YH. 2005. A comparative study on the immunizing and anti-cancer effect of the root and the aerial part of *peucedanum japonicum* thumb. *Korean Journal of Aesthetics and Cosmetics Society* 1:127-144. [in Korean]
- Chungbuk Agricultural Technology Institute. 2009. Agricultural research report. Chungbuk Agricultural Technology Institute, Cheongju, Korea. [in Korean]
- Eo JU, Kim MH, Nam HK, Kwon SI, Song YJ. 2018. Effect of organic waste application on soil chemical properties and organisms under *zalkova serrata* cultivation. *Journal of Environmental Biology* 36:471-478. [in Korean]
- Gu BW, Lee TG, Kang K, Hong SG, Hong SG, Jang TI, Kim JH, Park SJ. 2017. Comparison of soil chemical properties and heavy metal contents in organic and conventional paddy of yongin and anseong. *Journal of Agricultural Engineers* 59:1-10. [in Korean]
- Ha SH. 2015. Aerobic composting of wastewater sludge using beneficial microorganisms. Ph.D. dissertation, Korea Maritime Univ., Busan, Korea. [in Korean]
- Ham SG, Lee JJ, Kim IS. 1994. Effect of application of organic fertilizer on the growth of Korea lawngrass by base-dressing and top-dressing application. *Journal of the Korea Organic Resource Recycling Association* 2:41-49. [in Korean]
- Han SH, An JY, Choi HS, Cho MS, Park BB. 2015. The effects of organic manure and chemical fertilizer application levels on the growth and nutrient concentrations of yellow Poplar seedlings. *Journal of Environmental Science and Technology* 18:37-48. [in Korean]
- Hong KH, Cha JD, Ko YH, Lee JH, Lim EJ, Kim KS. 2006. Evaluation of odor concentration for food waste compost facility. *Korean Journal of Odor Research and Engineering* 5:151-155. [in Korean]
- Jeng AS, Haraldsen TK, Grønlund AN, Pedersen PA. 2006. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass. pp. 245-253. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Jeong HT, Huh MR, Park JC. 2005. Effects of organic fertilizer mixed with indigenous bacteria on the growth of lettuce and Chinese cabbage and soil environment. *Korean Society for Plants, People and Environment* 8:114-120. [in Korean]
- Jo IH, Lee JS, Jun HJ, Lee JH, Kim M. 2000. Effects of food waste compost and mineral nitrogen application level on nutritive value and nutrient yields of orchardgrass. *Journal of the Korean Society of Grassland Forage Science* 20:169-176. [in Korean]
- Jung HK, Jung WS, Ahn BK, Kang BM, Yeo JH, Cha SW, Park CG, Cho JH, Cho HW. 2014. *Peucedanum japonicum* thunberg leaf alleviates the symptoms of dextran sulfate sodium induced ulcerative colitis in mice. *Journal of Plant Research* 27:421-428. [in Korean]
- Kang YJ, Kim DH, Choi JJ, Yun SI. 2019. Temporal variation in inorganic nitrogen concentration in soil treated with spend coffee grounds. p. 102. *Korean Journal of Soil Sciences and Fertilizer Abstract*, Wanju, Korea. [in Korean]
- Kim DA. 1995. Effects of water annual forage crops on growth, yield and quality of silage corn. Ph.D. dissertation, Seoul National Univ., Seoul, Korea. [in Korean]
- Kim ES. 2002. Studies on tillage method and legume cover crop cultivation for sustainable production of fresh waxy corn. Master dissertation, Gyeongsang National Univ., Jinju, Korea. [in Korean]
- Kim JD, Kim SG, Kwon CH. 2006. Effect of tillage system and fertilizer type on the forage yield, quality, and production cost of winter rye. *Journal Animal Science and Technology* 48:115-122. [in Korean]
- Kim JY. 2013. Development and industrialization of functional bioactive material from the medicinal plant. *Food industry and nutrition* 18:1-6. [in Korean]
- Kim MS, Koo NI, Kim JG. 2012. Characteristics and recycling of spent coffee grounds. *Life Science and Natural Resources Research* 20:59-69. [in Korean]

- Kim NC, Kim DH. 2000. Effect of salinity concentration on aerobic composting of food waste. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association* 8:124-129. [in Korean]
- Kim YG, An TJ, Kim YI, Lee ES, Jung CS, Song BH, An CH. 2016. Effect of organic fertilizer on growth and yield components of *atractylodes macrocephala*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 24:444-450. [in Korean]
- Kwon SI, So KH, Hong SG, Kim GY, Lee JT, Seong KS, Kim KR, Lee DB, Jung KY. 2009. The effect of continuous application of the food waste composts on the paddy field environment. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association* 17:55-61. [in Korean]
- Lee CH, Kim SC, Park SJ, Kim MS, Oh TK. 2017b. Effects of animal waste addition on food waste compost under co-composting. *Korean Journal of Soil Science Fertilizer* 50:623-633. [in Korean]
- Lee CH, Ko KK, Kim SC, Kim SC, Sung JK, Shinogi YY, Oh TK. 2017a. Characteristics of food waste composting with various particle sizes of sawdust. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University* 62:123-129.
- Lee CH, Lee DK, Ali MA, Kim PJ. 2008. Effects of oyster shell on soil chemical and biological properties and cabbage productivity as a liming materials. *Waste Management* 28:2702-2708. [in Korean]
- Lee CH, Nam HS, Kim SC, Park SJ, Kim MS, Kim SC, Oh TK. 2017c. Effects of earthworm cast addition on food waste compost under co-composting with sawdust. *Korean Journal of Soil Science Fertilizer* 50:588-597. [in Korean]
- Lee CH, Park SJ, Hwang HY, Kim MS, Jung HI, Luyima DG, Hong SY, Oh TK, Kim SH. 2019a. Effects of food waste compost on the shift of microbial community in water saturated and unsaturated soil condition. *Applied Biological Chemistry* 62:36.
- Lee DH, Choi CL, Kim KS, Kim PY, Seo JW, Park M. 2006. Change in soil properties after cucumber cultivation under plastic film house at gunwi-gun area. *Agriculture and Life Science Kyungpook National University* 24:43-47. [in Korean]
- Lee JH, Yeom KR, Yang JW, Choi YJ, Hwang HC, Jeon YJ, Lee CH, Choi BS, Oh TK, Park SJ. 2019b. Comparing the composting characteristics of food waste supplemented with various bulking agents. *Korean Journal of Agricultural Science* 46:897-905. [in Korean]
- Lee KY, Yang PK, Lee ST. 1997. Fermentative feeds production from garbages and other organic wastes. *Journal of Agriculture and Environment* 25:83-95. [in Korean]
- Lee SB, Kim YM, Lee YJ, Song YS, Lee DB, Sung JY. 2019c. Growth stage-based fertigation guideline for greenhouse spring chinese cabbage. *Korean Journal of Soil Science Fertilizer* 52:429-437. [in Korean]
- Lee SW, Kim GS, Yeon BY, Hyun DY, Kim YB, Kang SW, Kim YC. 2009. Comparison of growth characteristics and ginsenoside contents by drainage classes and varieties in 3-year- old ginseng. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 17:346-351. [in Korean]
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Nutrient availability in soils. pp. 483-507. Academic press, San Diego, USA. [in Korean]
- ME (Ministry of Environment). 2009. Standard analytical methods for heavy metals in soil. ME, Sejong, Korea. [in Korean]
- Nelson NO, Janke RR. 2007. Phosphorus sources and management in organic production systems. *The Kansas Agricultural Experiment Station* 17:442-454. [in Korean]
- Park SH. 2003. Effects of chaff on aerobic composting of food waste. *Journal of Environmental Health* 29:56-61. [in Korean]
- RDA (Rural Development Administration). 2010. Standard of investigation for agricultural research. RDA, Jeonju, Korea.
- RDA(Rural Development Administration).2019. Standard of fertilizer process. RDA. Jeonju. Korea.