

# Effects of organic fertilizers mixed with dehydrated food waste powder on agronomic performance of leafy vegetables

Jae-Han Lee<sup>1,†</sup>, You-Jin Choi<sup>1,†</sup>, Jin-Hyuk Chun<sup>1</sup>, Yun-Gu Kang<sup>1</sup>, Yeo-Uk Yun<sup>2</sup>, Taek-Keun Oh<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Bio-Environmental Chemistry, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

<sup>2</sup>Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Yesan 32418, Korea

\*Corresponding author: ok5382@cnu.ac.kr

## Abstract

Castor oil cake is widely used as a raw material for organic fertilizers (OF) in Korea. Compared to other fertilizer raw materials, it is highly dependent on imports. In terms of replacing raw materials, dehydrated food waste powder (FDP) and castor oil cake have similar nutritional content, and if 30% is replaced, about 20% of the raw material cost can be saved. However, few studies on the effects on crop growth and soil properties when organic fertilizer and dry food waste powder are mixed and applied to the soil have been reported. The effects of an organic fertilizer made by mixing the commercial available organic fertilizer with dehydrated food waste (OF + FDP) on soil properties and the growth of two types of leafy vegetables (lettuce and young radish) were evaluated and compared with the performance of OF. The fresh weights of lettuce and young radish were the highest with OF amendment and stood at 114.3 and 119.0 g·plant<sup>-1</sup>, respectively. These were followed by OF + FDP amendment, which produced 103.1 and 109.6 g·plant<sup>-1</sup>, respectively. Compared to the control, OF and OF + FDP increased the lettuce fresh weights by about 69% and 52%, respectively, while the fresh weights of the radish were increased by about 223% and 207%, respectively. The soil pH, EC, total carbon content, and organic matter content in OF and OF + FDP increased. The mixture of dehydrated food waste powder and organic fertilizers is expected to improve soil quality and facilitate stable production of crops and contribute to the substitution of imported organic fertilizer raw materials.

**Key words:** dehydrated food waste powder, lettuce, organic fertilizer, young radish

## Introduction

우리나라는 1980년 이전까지 생산량 증대 위주의 농업 정책으로 인해 무기질 비료의 의존도가 높았으나, 이후 지속적인 농업을 위한 농경지 양분 종합 관리와 1997년 친환경농업육성법이 제정 및 공포됨에 따라 무기질비료의 사용량은 감소하고, 유기질비료의 사용량이 증가하는 추세이다(Parris, 2011; Jeon et al., 2014; MAFRA, 2016). 유기질비료는 다양한 바이오매스를 원료로 이용하며, 인위적인 부숙 과정을 거치지 않는 것이 특징이다. 이러한 특징으로 인



### OPEN ACCESS

**Citation:** Lee JH, Choi YJ, Chun JH, Kang YG, Yun YU, Oh TK. Effects of organic fertilizers mixed with dehydrated food waste powder on agronomic performance of leafy vegetables. Korean Journal of Agricultural Science 49:397-405. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20220027>

**Received:** July 11, 2022

**Revised:** August 11, 2022

**Accepted:** August 19, 2022

**Copyright:** © 2022 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.

해 유기질비료는 퇴비에 비해 무기 성분의 함량이 높고, 토양에 처리 후 미생물에 의해 분해될 때 각종 아미노산을 비롯한 유기산, 핵산 등이 생성된다(Yang et al., 2008). 또한, 작물 재배 시 유기질비료 시용은 작물의 생산성 향상과 더불어 토양의 물리적(입단 형성, 투수력, 보수력 등), 화학적(양이온치환용량 증대, 양분 가용성 증대 등), 생물학적(유용미생물 활성 증가, 양분 용탈 억제 등) 특성 증진에 긍정적으로 작용하는 것으로 보고되어 있다(Recel, 1994; Mer et al., 2000; Son, 2000; Ramoliya and Pandey, 2002).

아주까리유박은 국내에서 피마자박으로도 불리며, 국내에서는 주로 유기질비료의 원료로 이용된다. 아주까리유박은 타 원료에 비해 수입에 의존도가 매우 높아 2019년 기준 약 325,000 ton을 수입하였으며, 그 비용은 약 487.5억 원에 달한다(RDA, 2020). 또한 아주까리유박은 단백질 합성을 저해하는 독성 물질을 포함하고 있어 안전성 문제로 인해 대체 원료의 개발이 국가적인 차원에서 진행되고 있다(Jang et al., 2019). 이러한 원료 개발의 일환으로 2019년 농촌진흥청은 음식물류폐기물 건조 분말을 혼합유기질비료 제조 시 최대 30%까지 혼합할 수 있도록 비료공정규격 및 지정을 개정 및 공포하였다(RDA, 2019). 음식물류폐기물 건조 분말은 아주까리유박의 유기물 함량 및 총 질소 함량, 총 인산 함량 등 여러 화학적 특성과 양분 함량이 유사하여 아주까리유박의 대체제로 활용될 수 있다. 또한, 아주까리유박의 30%를 음식물류폐기물 건조 분말로 대체 시 약 20%의 원재료 비용을 절감하는 효과가 있는 것으로 확인되었다(RDA, 2019). 하지만 음식물류폐기물 건조 분말을 혼합한 유기질비료 시용에 따른 작물의 생육과 토양에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 현재 시중에서 유통중인 유기질비료와 음식물류폐기물 건조 분말을 혼합하여 제조한 유기질비료가 엽채류인 상추와 열무 생육 및 토양의 특성에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

## Materials and Methods

### 공시 재료

토양은 (주)참그로(Chamgrow Co., Ltd., Hongseong, Korea)에서 상토 제조 시 사용되는 토양을 유리온실에서 2주간 풍건 후 2 mm sieve로 체거름하여 사용하였다.

음식물류폐기물 건조 분말(dehydrated food waste powder, FDP)은 대전광역시 소재 음식물류폐기물 처리 업체인 (주)화성그린(Hwasunggreen Co., Ltd., Deajeon, Korea)에서 채취하였으며, 유기질비료(organic fertilizer, OF)는 현재 국내 유통 중인 (주)풍농(Pungnong Co., Ltd., Seoul, Korea)의 토토유박을 구매하여 실험에 이용하였다. 음식물류폐기물 건조 분말이 혼합된 유기질비료(OF + FDP)는 토토유박과 음식물류폐기물 건조 분말을 70 : 30 (w·w<sup>-1</sup>)의 비율로 혼합하였다. 음식물류폐기물 건조 분말과 유기질비료의 배합은 농촌진흥청의 비료공정규격 설정 및 지정에서 제시한 최대 허용 기준에 의거하여 제조하였다(RDA, 2019). 각 공시 재료의 특성을 분석한 결과는 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

**Table 1.** Chemical properties of soil used in the experiment.

Sample	pH (1 : 5 H <sub>2</sub> O)	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	Element content (g·kg <sup>-1</sup> )		C/N ratio	OM (g·kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> )	Exchangeable cations (cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup> )		
			C	N				K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Initial soil	6.9±0.1	0.29±0.02	0.4±0.1	0.1±0.0	4.0	0.7±0.1	26.1±4.8	0.25±0.01	5.38±0.28	1.97±0.10

EC, electrical conductivity; C, carbon contents; N, nitrogen contents; OM, organic matter contents; Av. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, available phosphate contents.

**Table 2.** Physico-chemical properties of dehydrated food waste powder, organic fertilizer and mixture used in the experiment.

Samples	Water content (%)	pH (1:10 H <sub>2</sub> O)	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	Element content (%)			OM (%)	T-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Inorganic contents (%)			NaCl (%)
				C	N	C/N ratio			K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	
OF	23.3±0.8	6.9±0.0	90.4±0.5	42.0±0.0	5.63±0.04	7.46	72.5±0.1	2.37±0.24	1.30±0.06	3.92±0.08	0.66±0.05	0.77±0.04
FDP	2.3±0.0	5.5±0.0	36.1±3.9	32.4±0.3	5.87±0.07	5.51	55.8±0.5	1.83±0.37	0.57±0.01	5.60±0.98	0.19±0.01	1.32±0.04
OF + FDP	16.3±0.3	6.6±0.0	81.1±13.7	34.7±0.3	5.81±0.05	5.97	59.8±0.6	2.17±0.97	0.92±0.14	3.95±0.74	0.92±0.14	0.81±0.11

OF, organic fertilizer; FDP, dehydrated food waste powder; EC, electrical conductivity; C, carbon contents; N, nitrogen contents; OM, organic matter contents; T-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, total phosphate contents.

## 공시 재료 특성 분석

### 토양

토양은 pH, 전기전도도(electrical conductivity, EC), 유효인산 함량, 총 탄소 및 총 질소 함량, 유기물 함량, 치환성 양이온(K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) 함량을 분석하였다. pH와 EC는 토양과 증류수를 1:5 (w·v<sup>-1</sup>)의 비율로 혼합한 후 진탕하여 pH·EC meter (ORION™ Versa Star Pro™, Thermo Scientific Inc., Waltham, Massachusetts, USA)로 측정하였고, 유효인산 함량은 Lancaster법을 이용하여 분광광도계(Genesys 50 UV-Visible spectrometer, Thermo Scientific Inc., Waltham, Massachusetts, USA)의 파장 720 nm에서 측정하였다. 총 탄소와 총 질소 함량은 CN Analyzer (TruSpec Micro, Leco, Michigan, USA)로 측정하였다. 유기물 함량은 총 탄소 함량을 분석한 결과를 이용하여 계산하였다. 치환성 양이온은 pH 7.0으로 교정한 1 N-ammonium acetate용액으로 침출 후 유도결합플라즈마분광계(ICAP 7000series ICP spectrometer, Thermo Scientific Inc., Waltham, Massachusetts, USA)를 이용해 측정하였다.

### 음식물류폐기물 건조 분말 및 유기질비료

음식물류폐기물 건조 분말과 유기질비료는 수분함량, pH, EC, 총 인산 함량, 총 탄소 및 총 질소 함량, 무기 이온(K<sub>2</sub>O, CaO, MgO) 함량, 염분(NaCl) 함량을 분석하였다. 수분 함량은 105°C의 dry oven (OF-12, Jeitech, Seoul, Korea)에서 16시간 건조 후 건조 전·후의 무게를 이용하여 계산하였다. pH와 EC는 분쇄한 시료와 증류수를 1:10 (w·v<sup>-1</sup>)로 하여 측정하였으며, 총 탄소 및 질소 함량은 토양과 같은 방법으로 분석하였다. 총 인산, 무기 이온, 염분은 Nitric acid와 Ternary solution을 이용하여 시료를 고온에서 완전히 분해 후 분해액을 유도결합플라즈마분광계로 측정하였다.

## 작물 재배 시험

재배 시험은 충남대학교 농업생명과학대학 부속 유리온실(36°36′66.2″N, 127°35′34.1″E)에서 실시하였다. 재배 작물은 상추(*Lactuca sativa* L.)와 열무(*Raphanus sativus* L.)로 엽채류 2종을 선정하였다. 상추와 열무는 파종 후 각각 25일차, 27일차의 모종을 wagner pot (1·5,000 a<sup>-1</sup>)에 정식하여 31일간 재배하였다. 처리구는 대조구(control)를 포함한 모든 처리구에 무기질비료를 사용하였다. 대조구 외 유기질비료와 음식물류폐기물이 혼합된 유기질비료를 각각 처리하여, 유기질비료 처리구(OF)와 음식물류폐기물이 혼합된 유기질비료 처리구(OF + FDP)를 설정하였다. 모든 처리구는 3반복으로 실시하였으며, 완전 임의배치법으로 pot를 배치하였다. 무기질비료를 사용량은 농촌진흥청 국립농업과학원에서 발행한 작물별 시비처방 기준을 따랐다(NAAS, 2010). 상추와 열무의 무기질비료(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) 시비량은 각각 7.0-3.0-3.6 kg·10 a<sup>-1</sup>와 7.5-3.0-3.0 kg·10 a<sup>-1</sup>이었으며, 유기질비료(OF)와 음식물류폐기물 건조 분말이 혼합된 처리구(FDP + OF)는 토양에 각 200 kg·10 a<sup>-1</sup>씩 혼합 처리하였다.

## 작물의 생육 특성 조사

작물의 생육 특성 평가를 위해 지상부 생중량( $\text{g plant}^{-1}$ ), 엽장(cm), 엽폭(cm), 엽수(ea), 엽록소 함량(SPAD)을 조사하였다. 지상부의 생중량은 토양 표면을 기준으로 절단 후 수분 증발로 인한 무게의 오차를 감소시키기 위해 즉시 측정하였다. 엽장, 엽폭, 엽록소 함량은 상위 3개의 엽을 대상으로 조사하였다. 엽장과 엽폭은 잎의 가장 긴 부분과 넓은 부분을 기준으로 길이를 측정하였으며, 작물의 엽록소 함량은 MINOLTA Chlorophyll meter (SPAD-501, Chiyoda, Japan)를 이용해 중위엽을 대상으로 3반복 측정하였다.

## 통계분석

통계 분석은 IBM SPSS<sup>®</sup> version 26 (IBM SPSS Statistics version 64, IBM SPSS, New York, USA)을 사용하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA)을 통해 처리구별 95%의 신뢰수준에서 유의차 검정을 수행하였다. 사후분석(post-hoc analysis)은 Duncan을 이용하여, 유의차에 따라 알파벳 소문자로 표기하였다.

## Results and Discussion

### 음식물류폐기물 건조 분말 및 유기질 비료의 특성

농촌진흥청의 비료공정규격 설정 및 지정에 따르면 혼합유기질비료에 사용할 수 있는 음식물류폐기물 건조 분말은 수분함량 15%와 건물중에 대한 염분 함량 2% 이하의 규격을 만족하여야 한다(RDA, 2019). 본 연구에 사용된 음식물류폐기물 건조 분말의 수분함량과 염분 함량은 각각 2.3%와 1.3%로 비료공정규격 설정 및 지정에서 제시한 기준에 만족하였다(Table 2). 또한, 본 연구에 사용된 음식물류 폐기물 건조 분말의 염분 함량은 2019년 국립농업과학원에서 제시한 1.9%에 비해 다소 낮은 편이었다(RDA, 2019). 국내 음식물류폐기물의 염분 함량(1.3%)은 평균 약 1.1 - 2.2% 사이로, 이는 계절, 지역, 배출원 등에 따라 달라지는 것으로 판단된다(Kim and Jang, 2006; Lee et al., 2020). 본 연구에 사용된 음식물류폐기물의 염분 함량이 낮은 것은 여러 환경적인 요인에서 기인된 것으로 판단된다. 비료 공정규격설정 및 지정에서 유기질비료 중 혼합유기질비료의 판매를 위해서는 등록 시 총 질소, 총 인산, 총 칼리 중 2종 이상의 총합이 7% 이상, 유기물 함량 60% 이상의 품질 규격을 만족하여야 한다(RDA, 2019). 본 연구에 사용된 유기질비료(OF)는 총 질소, 총 인산, 총 칼리의 함량이 각각 5.63, 2.37, 1.30%로 총합이 9.30%, 유기물 함량은 72.5%로 법적 기준을 만족하였다(Table 2). 반면, 음식물류폐기물 건조 분말을 30% 혼합한 유기질 비료는 총 질소, 총 인산, 총 칼리의 함량이 각각 5.81, 2.17, 0.92%로 총합은 8.9%로 성분 함량의 기준은 만족하였지만, 유기물 함량은 59.8%로 법적 기준(유기물 함량 60% 이상)에 미치지 못하여 유기질비료에 30%의 음식물류폐기물 건조 분말 혼합은 유기물 함량에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 선행연구에서 2015년부터 2017년까지 국내에서 유통중인 179점의 혼합유기질비료의 성분 함량을 분석한 결과, 총 질소, 총 인산, 총 칼리 함량의 평균은 각각 약 4.8, 3.1, 1.8%였다(Kim et al., 2018). 본 연구에서 사용한 음식물류폐기물 건조 분말을 혼합한 혼합유기질비료는 시중에 유통중인 혼합유기질비료에 비해 총 질소의 함량이 약 1.0% 가량 높았으며, 이는 본 연구에서 사용된 음식물류폐기물 건조 분말과 유기질비료의 비교적 높은 총 질소 함량에서 기인한 것으로 판단된다.

## 작물 생육 특성

유기질비료와 음식물류폐기물 건조 분말이 혼합된 유기질비료 시용에 따른 상추와 열무의 생육 조사 결과는 Table 3에 나타내었다. 상추의 지상부 생중량은 OF처리구가 114.3 g·plant<sup>-1</sup>으로 가장 높았으며, OF + FDP처리구(103.1 g·plant<sup>-1</sup>), control(67.6 g·plant<sup>-1</sup>) 순으로 나타났다. Control에 비해 OF처리구와 OF + FDP처리구의 상추 지상부 생체중이 각각 약 69%와 52%가 증가되었다. 상추의 엽장과 엽폭은 OF + FDP처리구에서 각각 18.7 cm와 11.3 cm였으며, OF 처리구에서 각각 18.4 cm와 12.1 cm 나타났다. Control은 각각 13.5 cm와 9.0 cm로 가장 낮은 생육을 보였다. 상추의 엽장과 엽폭은 control이 OF처리구 및 OF + FDP처리구 보다 낮았으며, 이는 0.05 수준으로 통계적으로 유의하였다. 상추의 엽수는 OF처리구, OF + FDP처리구, control순으로 각각 27.0, 26.6, 25.3개로 나타났으며, 상추의 엽당 무게는 OF + FDP처리구에서 4.24 g으로 가장 높았으며, OF 처리구(3.85 g), control(2.67 g)의 순으로 나타났다. Control에 비해 OF처리구와 OF + FDP처리구의 엽당 무게는 각각 약 58%와 44%가 증가되었으며, OF처리구와 OF + FDP 처리구의 분석값 차이는 통계적 유의차를 나타내지 않았다.

열무의 지상부 생중량은 OF처리구가 119.0 g·plant<sup>-1</sup>으로 가장 높았으며, OF + FDP처리구(109.6 g·plant<sup>-1</sup>), control(35.7 g·plant<sup>-1</sup>) 순으로 나타났다. Control에 비해 OF처리구와 OF + FDP처리구의 열무 지상부 생체중이 각각 약 223%와 207%가 증가되었다. 열무의 엽장과 엽폭은 OF처리구에서 각각 26.5 cm와 8.1 cm로 가장 높았으며, OF + FDP 처리구에서 각각 21.7 cm와 7.1 cm, control은 각각 16.1 cm와 4.8 cm의 순으로 나타났다. 열무의 엽수는 OF처리구, control, OF + FDP처리구 순으로 각각 14.0, 12.4, 12.0개로 조사되었다. 열무의 엽당 무게는 OF + FDP처리구에서 5.26 g으로 가장 높았으며, OF 처리구 3.29 g, control 1.79 g의 순으로 나타났다. Control에 비해 OF처리구와 OF + FDP처리구의 엽당 무게는 각각 약 83%와 193%가 증가된 것으로 조사되었다.

Kim 등(2019)의 보고에 의하면 음식물류폐기물 건조 분말을 유기질비료에 비율별로 혼합하여 엽채류(상추, 배추) 재배 시 음식물류폐기물 건조 분말의 혼합 비율이 0%에서 60%까지 증가하여도 생육의 차이는 없었지만, 70% 이상부터는 생육이 감소되는 경향을 보였다. 또한, Yoo 등(2020)은 상추 재배 시 대조구(무기질비료 처리구와 유기질비료 처리구)에 비해 유기질비료와 음식물류폐기물 건조 분말을 혼합한 처리구에서 양호한 생육을 보였으며, 음식물류폐기물 건조 분말을 60% 혼합한 처리구가 상추의 지상부 생중량의 최대치를 나타냈다. 본 연구에서도 전반적으로 상추와 열무의 생육은 control에 비해 유기질비료를 처리한 OF처리구와, OF + FDP처리구에서 증가되는 유사한 결과를 보였다. 또한, 상추와 열무의 모든 생육 조사 항목에서 OF 처리구와 OF + FDP처리구간의 통계적인 유의적인 차이는 없어, 음식물류폐기물 건조 분말을 유기질비료에 30% 혼합하여 사용하는 것은 상추와 열무의 생육에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

**Table 3.** Growth characteristics of lettuce and young radish effected by organic fertilizer and mixture.

Treatment	Fresh weight (g·plant <sup>-1</sup> )	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Number of leaves (EA)	Leaf weight (g·leaf <sup>-1</sup> )	Chlorophyll (SPAD)
Lettuce						
Control	67.6 ± 1.8b	13.5 ± 0.3b	9.0 ± 0.5b	25.3 ± 0.5a	2.67 ± 0.07b	31.7 ± 0.8b
OF	114.3 ± 2.0a	18.4 ± 1.0a	12.1 ± 1.2a	27.0 ± 1.0a	4.24 ± 0.09a	31.8 ± 2.4a
OF + FDP	103.1 ± 18.7a	18.7 ± 0.5a	11.3 ± 0.1a	26.6 ± 2.0a	3.85 ± 0.33a	31.2 ± 2.4a
Young radish						
Control	35.7 ± 12.0b	16.1 ± 2.7b	4.8 ± 0.8b	12.4 ± 4.7a	1.79 ± 0.24b	27.4 ± 12.6b
OF	119.0 ± 37.5a	26.5 ± 4.7a	8.1 ± 1.6a	14.0 ± 3.8a	5.35 ± 1.33a	45.3 ± 9.4a
OF + FDP	109.6 ± 59.9a	21.7 ± 8.7a	7.1 ± 2.4a	12.0 ± 4.1a	5.26 ± 0.44a	40.8 ± 3.7a

OF, organic fertilizer; FDP, dehydrated food waste powder.

a, b: Different small letters indicate significant difference of the soil chemical properties among different treatments, which was determined by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

## 토양의 화학적 특성 변화

각 유기질비료 처리에 따른 작물 재배 시험 후 토양 특성은 Table 4와 같다. 상추와 열무의 시험 후, 토양 pH는 control에서 각각 pH 6.7과 pH 6.6으로 시험 전 토양의 pH 6.9에 비해 감소하였으며, 유기질비료 처리구(OF, OF + FDP)에서는 6.9 - 7.1 사이로 control에 비해 증가하는 경향을 보였다. 무처리구의 pH 감소는 무기질비료 사용의 영향으로 판단된다. Ham (1994)은 무기질비료의 사용이 적고, 유기질비료의 사용이 증가할수록 토양의 pH는 중성에 가까워진다고 보고하였으며, 본 연구에서도 유기질비료 처리구에서 pH가 증가되는 유사한 결과를 보였다. EC는 상추와 열무의 control에서 각각  $0.24 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 와  $0.19 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 시험 전 토양  $0.29 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 에 비해 감소하였으며, 상추의 OF처리구와 OF + FDP처리구에서 각각  $1.23 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 와  $1.38 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , 열무의 OF처리구와 OF + FDP처리구에서 각각  $0.96 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 와  $0.71 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 무처리구에 비해 높게 증가되었다. 무처리구에 비해 유기질비료 처리구의 EC 증가는 OF ( $70.4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ )와 FDP ( $81.1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ )에서 기인한 것으로 판단된다. Chung 등(2003)은 대부분의 엽채류의 생육은 토양의 EC가  $2.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  이상에서 성장의 억제된다고 보고하였다. 본 연구에 사용된 토양의 EC는  $0.29 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 였으며 유기질비료 사용에 따른 EC는 상추의 OF + FDP처리구 기준으로 최고 약  $1.1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 까지 증가되었다. 또한 시험 전 토양의 EC는  $0.75 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 국내 밭 토양 평균치보다 낮게 측정되었으며, 실험 전 토양의 EC로 인한 작물 생육 시 부정적인 영향은 없을 것으로 판단되나 실제 농경지 처리 시 토양 EC를 고려한 유기질비료의 처리량 산정이 필요할 것으로 판단된다. 총 탄소 함량은 상추와 열무 모두에서 유기질비료를 사용한 처리구에서 시험 전에 비해 증가되는 경향을 보였다. 특히, 상추와 열무의 OF+FDP 처리구에서 각각  $2.4, 2.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 가장 높았으며, control에서 각각  $0.6, 0.7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 이는 총 탄소 함량이 높은 음식물류폐기물 건조 분말과 유기질비료에 의해 토양 내 탄소 함량이 증가된 것 판단되며, 시험 후 토양의 유기물 함량도 같은 경향을 보였다. 총 질소 함량은 시험 전과 후에 큰 차이를 보이지 않았다. 유기질비료 또는 음식물류폐기물 건조 분말 처리 시 토양 내 유효인산 함량은 원료에 포함된 총 인산 함량에 의해 증가되는 경향을 보인다(Oh and Kim, 2013; Jeon et al., 2020). 본 연구에서도 무처리구의 유효인산 함량은 상추와 열무에서 각각  $35.6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  과  $20.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 시험 전 유효인산 함량( $26.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )과 큰 차이를 보이지 않았지만, OF처리구와 OF + FDP 처리구에서  $65.7 - 90.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  사이로 증가되는 경향을 보였다. 치환성 양이온은 상추의 OF처리구에서  $\text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ 가 각각  $0.68, 6.99, 2.99 \text{ cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 가장 높게 증가하였으며, control에서 각각  $0.53, 5.37, 1.93 \text{ cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 열무에서는 OF + FDP처리구에서  $\text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ 가 각각  $0.55, 8.46, 2.95 \text{ cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ 으로  $\text{K}^+$ 를 제외한  $\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ 가 가장 높게 증가하였으며, OF처리구에서  $0.61, 5.06, 1.73 \text{ cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ 으로 가장 낮았다.

**Table 4.** Chemical properties of soil used in the experiment.

Treatment	pH (1 : 5 H <sub>2</sub> O)	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	Element content (g·kg <sup>-1</sup> )		C/N ratio	OM (g·kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> )	Exchangeable cations (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		
			C	N				K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Lettuce										
Control	6.7±0.1	0.24±0.04	0.6±0.0	0.1±0.0	6.0	1.1±0.1	36.4±6.7	0.56±0.03	5.37±0.26	1.93±0.07
OF	7.0±0.2	1.23±0.33	1.9±0.2	0.1±0.0	19.0	3.2±0.3	74.8±2.5	0.68±0.09	6.99±1.56	2.29±0.37
OF + FDP	6.9±0.3	1.38±0.21	2.4±0.2	0.2±0.0	12.0	4.1±0.3	90.3±2.9	0.63±0.11	6.11±2.00	1.95±0.64
Young radish										
Control	6.6±0.2	0.19±0.02	0.7±0.0	0.2±0.0	3.5	1.1±0.1	20.5±0.6	0.65±0.12	5.14±0.44	1.80±0.16
OF	6.9±0.2	0.96±0.04	1.1±0.2	0.5±0.1	2.2	1.9±0.3	65.7±8.1	0.61±0.09	5.06±0.69	1.73±0.21
OF + FDP	7.1±0.2	0.71±0.13	2.5±0.3	0.9±0.0	2.7	4.3±0.5	79.4±6.7	0.55±0.11	8.46±1.80	2.95±0.74

OF, organic fertilizer; FDP, dehydrated food waste powder; EC, electrical conductivity; C, carbon contents; N, nitrogen contents; OM, organic matter contents; Av. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, available phosphate contents.

## Conclusion

본 연구는 음식물류폐기물 건조 분말을 현재 시판중인 유기질비료에 30%를 혼합하여 토양에 사용 시 작물 생육과 토양의 화학성 변화에 미치는 영향을 평가하고자 엽채류 2종(상추, 열무)을 대상으로 실험을 실시하였다. 그 결과, 상추와 열무의 생육은 전체적으로 유기질비료(OF, OF + FDP)를 사용한 처리구에서 control에 비해 유의적으로 생육이 증가하였으며, OF와 OF + FDP 사이의 유의적인 차이는 없었다. 시험 후 토양의 특성은 유기질비료(OF, OF + FDP)를 처리한 토양에서 pH, EC, 총 탄소 함량, 유효인산 함량, 유기물 함량 등이 시험 전에 비해 증가되어 토질 개선에 효과적이었다. 본 연구 결과를 통해 음식물류폐기물 건조 분말과 유기질비료의 혼합은 작물의 안정적인 생산뿐만 아니라 토양 질 개선에 도움을 줄 수 있어, 음식물류폐기물 건조 분말은 유기질비료의 원료로써 효과적인 소비가 가능하다. 또한, 국내 잉여 자원의 선순환 구조 확립과 더불어 수입되는 유기질비료 원료의 대체에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 하지만, 토양 EC는 실험 전  $0.29 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 에서 실험 후 최고  $1.38 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  까지 증가되었다. 이로 인해, 연용 시 작물 생육의 적정 EC인  $2.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 을 초과할 수 있어 차후 연용에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## Acknowledgements

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01702802)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## Authors Information

Jae-Han Lee, <https://orcid.org/0000-0001-5761-2006>

You-Jin Choi, Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Bachelor

Jin-Hyuk Chun, <https://orcid.org/0000-0002-3802-6834>

Yun-Gu Kang, <https://orcid.org/0000-0001-5368-5910>

Yeo-Uk Yun, Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Researcher

Taek-Keun Oh, <https://orcid.org/0000-0003-0215-0427>

## References

- Chung HD, Won DC, Choi YJ. 2003. Effects of soil EC on emergence rate, seedling growth, and physiological disorders of leafy and root vegetable crops, and diminishing effect of soil EC level by washing with water or manure adding. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 44:575-581. [in Korean]
- Ham SG. 1994. Effect of application of organic fertilizer on the growth of Korea lawngrass (*Zoysia matrella* L. Merr.) by base-dressing and top-dressing application. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association* 2:41-49. [in Korean]
- Jang JE, Lim GJ, Lee JG, Yoon SH, Hong SE, Shin KH, Kang CS, Hong SS. 2019. Application effects of organic fertilizer utilizing livestock horn meal as domestic organic resource on the growth and crop yields. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association* 27:19-30. [in Korean]
- Jeon BJ, Lim SS, Lee KS, Lee SI, Ham JH, Yoo SH, Yoon KS, Choi WJ. 2014. Understanding spatial variations of water quality using agricultural nutrient indices in Chonnam province. *Korean Journal of Environmental Agriculture* 33:44-51. [in Korean]
- 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. [in Korean]
- Kim MS, Kim SC, Yun SG, Park SJ, Lee CH. 2018. Quality characteristics of commercial organic fertilizers circulated. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association* 26:21-28. [in Korean]
- Kim NC, Jang BM. 2006. The experiment of process efficiency and salt elimination in foodwaste compost using triple salt. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association* 14:83-90. [in Korean]
- Kim YS, Kim DH, Lee GJ. 2019. Physicochemical properties of a mixture of dried food waste powder with organic fertilizer and effects on the growth of major leafy vegetable. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association* 27:5-13. [in Korean]
- Lee JH, Kang YG, Luyima D, Park SJ, Oh TK, Lee CH. 2020. Characteristics of food waste: Water and salinity contents. *Korean Journal of Agricultural Science* 47:375-380.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2016. The 4th five-year plan for fostering eco-friendly agriculture. MAFRA, Sejong, Korea. [in Korean]
- Mer RK, Prajith PK, Pandya DM, Pandey AN. 2000. Effect of salts on germination of seeds and growth of young plants of *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, and *Brassica Juncea*. *Journal of Agronomy and Crop Science* 185:209-217.
- NAAS (National Institute of Agricultural Sciences). 2010. Recommendation of the amount of fertilizer for crops. RDA, Jeonju, Korea. [in Korean]
- Oh TS, Kim CH. 2013. Effect of using organic fertilizer on the growth of rice and soil. *Korean Journal of Crop Science* 58:36-42. [in Korean]
- Parris K. 2011. Impact of agriculture on water pollution in OECD countries: Recent trends and future prospects. *International Journal of Water Resources Development* 27:33-52.
- Ramoliya PJ, Pandey AN. 2002. Effect of increasing salt concentration on emergence, growth and survival of seedlings of *Salvadora oleoides* (Saladoraceae). *Journal of Arid Environments* 51:121-132.
- RDA (Rural Development Administration). 2019. Establishment and designation of official standard of fertilizers. Notification No. 2019-10 of RDA. RDA, Jeonju, Korea. [in Korean]
- RDA (Rural Development Administration). 2020. Make your own 'fermented fertilizer' to replace imported oil cake. Assessed in [https://www.rda.go.kr/board/board.do?boardId=fampmnmninfo&prglD=day\\_fampmnmninfoEntry&currPage=1&dataNo=100000775813&mode=updateCnt&searchSDate=&searchEDate=&searchOrgDeptKey=org&searchOrgDeptVal=&searchKey=subject&searchVal=%EC%9C%A0%EB%B0%95#url](https://www.rda.go.kr/board/board.do?boardId=fampmnmninfo&prglD=day_fampmnmninfoEntry&currPage=1&dataNo=100000775813&mode=updateCnt&searchSDate=&searchEDate=&searchOrgDeptKey=org&searchOrgDeptVal=&searchKey=subject&searchVal=%EC%9C%A0%EB%B0%95#url) on 11 March 2022.
- Recel MR. 1994. Use of bio-organic fertilizers in agriculture production in the Philippines. p. 18. In *International Seminar on the Use of Microbio and Organic Fertilizers in Agricultural Production*. June 14-15, 1994 in Suwon, organized RDA & FFTC.

- Son SM. 2000. Problems and solutions of soil fertility enhancement in Korean organic farming. *Korea Journal of Organic Agriculture* 8:53-77. [in Korean]
- Yang CH, Yoo CH, Kim BS, Park WK, Kim JD, Jung KY. 2008. Effect of application time and rate of mixed expeller cake on soil environment and rice quality. *Korean Society of Soil Sciences and Fertilizer* 41:103-111. [in Korean]
- Yoo JH, Kim JH, Lee JH, Chun JH, Deogratus L, Kang YG, Woo HN, Oh TK, Kim SH. 2020. Effect of organic fertilizer mixed with dehydrated food waste powder on growth of leaf lettuce. *Korean Journal of Agricultural Science* 47:1021-1027. [in Korean]