

Effect of organic fertilizer mixed with dehydrated food waste powder on growth of leaf lettuce

Jun-Hyuk Yoo^{1,†}, Jae-Hong Kim^{1,†}, Jae-Han Lee¹, Jin-Hyuk Chun¹, Luyima Deogratius¹, Yun-Gu Kang¹, Hyun-Nyung Woo¹, Taek-Keun Oh^{1,*}, Seong-Heon Kim^{2,*}

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

²Soil and Fertilizer Management Division, NAAS, RDA, Wanju 55365, Korea

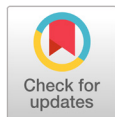
[†]These authors equally contributed to this study as first author.

*Corresponding authors: ok5382@cnu.ac.kr, ksh4054@korea.kr

Abstract

The amount of food waste generated in Republic of Korea has been increasing alongside an increasing population and booming economy as such, research on effective treatment and recycling is required. Food waste recycling is complicated by its inferior characteristics such as high levels of water and concern that its continuous application to farmland can lead to salt accumulation and concomitant damage crops. In the present study, therefore, dehydrated food waste powder (FWP), which contains a large amount of organic matter and nutrients, but which may require additional improvements was mixed in various ratios with organic fertilizers and the mixtures were tested for their effects on the growth of the leaf lettuce. A control was set up with inorganic fertilizers alone while a treatment with only FWP was also included. The mixture of FWP and organic fertilizers produced better leaf lettuce growth in all the treatments than the control and FWP. The fresh weight of the leaf lettuce produced with a mixture containing 60% FWP was 50% higher than that of the control. The results from this study indicate, therefore, that FWP mixed with other organic supplements in appropriate amounts positively impacts crop growth and development.

Keywords: dehydrated food waste powder, growth characteristics, leaf lettuce, organic fertilizer



OPEN ACCESS

Citation: Yoo JH, Kim JH, Lee JH, Chun JH, Deogratius 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. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20200085>

Received: October 29, 2020

Revised: November 11, 2020

Accepted: November 20, 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.

Introduction

음식물류 폐기물은 우리나라 인구의 증가 및 도시의 산업화로 인해 매년 증가하는 추세이며, 국내에서 발생하는 생활폐기물 중 약 39.5%를 차지한다(ME, 2017; Lee et al., 2018). 국내에서 발생하는 음식물류 폐기물은 수분함량이 80% 이상으로 혐기상태에서 부패하여 악취가 발생하며, 낮은 발열량으로 소각처리가 어렵고 매립은 부지확보가 어려울 뿐만 아니라 토양 및 지하수 오염과 같은 2차 오염을 야기한다(Lee et al., 2015). 또한 2005년에는 음식물류 폐기물의 매립이 금지되었으며, 2013년 런던협약에 의해 유기성 폐기물의 해양 배출이 금지됨

에 따라 음식물류 폐기물의 효과적인 처리 방법이 시급한 실정이다(Kim and Kwan, 2015; Lee et al., 2019). 최근 음식물류 폐기물은 환경정화시설에서 발효과정과 건조과정을 통해 분말로 생산된다(Kim et al., 2019; Jeon et al., 2020). 이러한 음식물류 폐기물 건조분말은 다량의 유기물 및 영양원을 함유하고 있어 비료 공정규격에서 유기질비료의 원료로 사용할 수 있도록 하고 있다(RDA, 2019).

농업 부문에서 가장 큰 관심사는 생산성 증가이지만, 무분별한 증가는 농업 환경의 오염을 발생시키고 궁극적으로는 농산물의 안전성까지 위협받는다라는 문제가 있기 때문에 정부는 2004년부터 2013년까지 화학비료의 사용량을 40% 감소시킬 것을 권고하고 있으며, 지속적으로 화학비료 사용량을 줄이려는 노력을 기울이고 있다(MIFAFF, 2011; Oh et al., 2016; Kim et al., 2020). 최근 정부에서는 친환경농업의 일환으로 화학비료의 사용량을 줄이는 반면, 유기질비료 사용량을 늘리려는 정책을 적극적으로 시행하고 있다. 유기질비료는 퇴비보다 높은 양분 함량을 지니고 있으며, 양분 공급에 의한 작물 생산성 증진 외에도 유기물 공급에 따른 토양 환경개선 등의 장점이 있다(Yun et al., 2011).

따라서 본 연구는 다량의 유기물 및 양분을 함유하고 있지만 추가적인 재활용 방안이 요구되고 있는 음식물류 폐기물 건조분말과 유기질비료를 비율별로 혼합한 유기질비료가 상추의 생육에 미치는 영향을 평가하였다.

Materials and Methods

공시 토양 준비 및 분석 방법

공시토양은 충청남도 홍성군 소재의 야산에서 심토를 채취하여 풍건 후, 2 mm standard sieve에 체거름하여 사용하였다. 토양의 화학적 특성은 농촌진흥청의 토양 및 식물 분석법(NIAST, 2000)에 따라 분석을 수행하였다. 토양의 pH 및 EC (electrical conductivity)는 토양과 증류수를 1 : 5 (w/w)로 혼합하여 진탕기(SH30 Orbital shaker, FINEPCR, Gunpo, Korea)에서 30분간 진탕 후, 1시간 동안 정치하여 Electrochemistry meter (Orion Versa Star Pro, Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA)로 분석하였다. 치환성 양이온(exchangeable cation)은 토양을 1 N Ammonium acetate (pH 7.0)용액으로 침출 후, 유도결합 플라즈마 분광분석기(iCAP 7000 Series ICP-OES, Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA)로 분석하였다. 토성은 비중계법으로 분석한 후 미국 농무부의 토양분류법에 따라 분류하였다. 공시토양의 이화학적 특성은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Physico-chemical properties of soil before the pot experiment (N = 3).

pH (1 : 5 D.H ₂ O)	EC (dS·m ⁻¹)	Exchangeable cations (cmolc·kg ⁻¹)			Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture
		K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺				
6.52 ± 0.04	0.28 ± 0.01	0.12	0.48	0.10	72.27	11.42	16.31	Sandy loam

D.H₂O, distilled H₂O; EC, electrical conductivity.

혼합 유기질비료 제조 및 화학적 특성 분석 방법

음식물류 폐기물 건조분말은 대전광역시에 소재한 (주)화성그린(Hwaseong Green, Daejeon, Korea)에서 수거하여 105°C로 설정한 Forced Convection Oven (ON- 12Gw L080125, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에서 24시간 건조 후에 사용하였다. 혼합 유기질비료는 음식물류 폐기물 건조분말과 삼화유박(Samhwa Greentech Co., Ltd., Suwon, Korea) 유기질비료를 혼합하여 사용하였으며, 음식물류 폐기물 건조분말의 함량에 따라 0, 20, 40, 60, 80, 100%의 비율로 유기질비료와 혼합하였다. pH 및 EC는 혼합 유기질비료와 증류수를 1 : 5 (w/w)로 혼합하여 토양 분석과 같은 방법으로

로 분석하였고, 총 인(total phosphorus)과 무기물 함량(inorganic contents)은 Large Digital Hotplate (HPLP-C-P, Daihan Scientific, Seoul, Korea)에서 nitric acid와 ternary-용액을 이용해 산 분해시키고 여과하여 분석하였다. 총 인은 증류수로 100배 희석하고 Vanadate법으로 분광광도계(Genesys 10s UV-Vis, Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA)를 이용하여 470 nm로 분석하였다. 무기물 및 NaCl 함량은 상기의 분해액을 증류수로 10,000배 희석 후 유도결합 플라즈마 분광분석기(iCAP 7000 Series ICP-OES, Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA)로 분석하고 토양 및 식물 분석법 (NIAST, 2000)에 따라 계산하였다.

재배 시험 후 토양의 화학적 특성 분석 방법

재배 시험 후 토양의 화학적 특성은 pH, EC, 유효인산, 치환성 양이온을 토양 및 식물 분석법(NIAST, 2000)에 따라 분석하였다. 토양의 pH 및 EC는 토양과 증류수를 1 : 5 (w/w)로 혼합하여 진탕기(SH30 Orbital shaker, Fine PCR, Gunpo, Korea)에서 30분간 진탕 후 1시간 동안 정치하여, Electrochemistry meter (Orion Versa Star Pro, Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA)로 분석하였다. 유효인산(available P_2O_5)은 Lancaster법으로 분광광도계(Genesys 10S UV-Vis Spectrophotometer, Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA)를 이용하여 720 nm로 분석하였다. 치환성 양이온(exchangeable cations)은 토양을 1 N Ammonium acetate (pH 7.0)용액으로 침출 후, 유도결합 플라즈마 분광분석기(iCAP 7000 Series ICP-OES, Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA)로 분석하였다.

상추 재배 및 생육조사 방법

본 실험은 2019년 6월 27일부터 7월 28일까지 총 38일간 충남대학교 농업생명과학대학 소재 유리온실에서 1/5,000 (a) Wagner pot를 이용하여 상추(*Lactuca sativa* L. var. *crispa*, cv. 'Cheongchima', Danong Co., Namyangju, Korea)를 재배하였으며, 무기질비료($N-P_2O_5-K_2O$)만을 처리한 대조구(control)와 혼합 유기질비료를 처리한 처리구를 비교하였다. 혼합 유기질비료는 작물별 시비처방 기준(RDA, 2010)에 따라 $1\text{ kg}\cdot 5,000\text{ a}^{-1}$ 시비하였으며, 각 5반복으로 재배 시험을 수행하였다. 무기질비료의 시비량은 작물별 시비처방 기준(NAAS, 2010)에 따라 기비는 질소-인산-가리($N-P_2O_5-K_2O$)를 $3.5-3.0-1.8\text{ kg}\cdot 10\text{ a}^{-1}$, 추비는 정식 후 15일 후에 질소-인산-가리($N-P_2O_5-K_2O$)를 $3.5-0.0-1.8\text{ kg}\cdot 10\text{ a}^{-1}$ 로 시비하였다.

상추의 생육조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 따라 지상부와 지하부의 생중량, 건중량, 개체당 엽장, 엽폭, 엽수를 측정하였다. 또한 품질 평가를 위해 당도(sweetness), 질산태질소(NO_3^-N), 엽록소(chlorophyll) 함량을 분석하였다. 생중량은 지상부와 지하부로 나누어 상추 수확 후 바로 측정하였으며, 건중량은 105°C 로 설정한 Forced Convection Oven (ON- 12Gw L080125, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에서 24시간 건조 후에 측정하였다. 개체당 엽수는 길이가 1 cm 이상인 잎의 총 개수를 측정하였다. 엽장과 엽폭은 개체당 상위 3개의 잎을 선정하여 평균값을 측정하였다. 당도와 질산태질소는 착즙기를 이용하여 잎의 즙을 낸 후 디지털 당도계(HI 96801, Hanna Instruments Inc., Woonsocket, RI, USA)와 NO_3^- Meter (S040, HORIBA Ltd., Kyoto, Japan)로 분석하였다. 엽록소 함량은 Chlorophyll meter (SPAD-502, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용해 중위엽을 대상으로 3반복 측정하였다.

통계분석

통계분석은 SPSS (IBM SPSS Statistics version 24.0, IBM, New York, USA)의 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance, ANOVA)을 통해 유의성 검정을 수행하였으며, Duncan법을 통해 사후검정을 실시하였다.

Results and Discussion

혼합 유기질비료의 화학적 특성

혼합 유기질비료의 화학적 특성은 FWP (food waste powder)의 함량이 증가할수록 pH가 감소하는 경향을 나타내었다(Table 2). 또한 FWP의 함량이 증가할수록 EC가 증가하는 경향을 나타내었는데, 이는 실험에 사용한 혼합 유기질비료가 음식물류 폐기물 분말보다 pH가 높고, NaCl 함량은 낮기 때문인 것으로 판단된다. T-P 함량은 FWP의 함량이 높아질수록 증가하는 경향을 나타냈으며, 이는 음식물류 폐기물 건조분말이 유기질비료에 비해 높은 인 함량을 가지고 있기 때문이다. 반면 FWP의 함량이 증가할수록 무기물 중 K₂O와 MgO 함량이 감소하였으며, CaO 함량은 혼합 비율에 따라 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다.

혼합 유기질비료의 시비에 따른 토양의 화학적 특성 변화

재배 후 대조구 토양은 재배 전 토양보다 pH가 감소하였는데(Table 3), 이는 무기질비료 시비에 따라 영향을 받았기 때문으로 판단된다. 비교적 낮은 pH를 나타내는 혼합 유기질비료의 처리에도 불구하고 대조구에 비해 혼합 유기질비료 처리구의 재배 후 토양이 높은 pH를 나타낸 것은 유기질비료의 시비가 토양의 pH를 증가시키는 효과가 있음을 의미하며, 이는 Oh and Kim (2013)의 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 혼합 유기질비료를 시비한 토양의 EC는 대조구에 비해 낮은 값을 나타냈는데, 이는 음식물류 폐기물 퇴비를 토양에 적정량 시비한다면 염류에 취약한 작물인 상추도 염류 장애가 발생하지 않음을 시사한다. 토양 내 유효인산은 pH가 높았던 FWP 0, 60, 80% 처리구에서 높은 함량을 나타내었다. 토양 치환성 양이온 함량은 혼합 유기질비료의 무기물 함량과는 다르게 FWP의 함량이 높아질수록 증가하는 경향을 나타냈다. 특히 FWP 40, 60, 80% 처리구에서 높은 함량을 보이는 것으로 보아 작물의 생육에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

Table 2. Chemical properties of organic fertilizer mixed with dehydrated food wastes powder (N = 3).

Sample	pH (1 : 5 D.H ₂ O)	EC (dS·m ⁻¹)	T-P (%)	Inorganic contents (%)			NaCl (%)
				K ₂ O	CaO	MgO	
FWP 0%	5.19 ± 0.04	1.18 ± 0.01	0.39 ± 0.03	0.38	1.43	0.17	0.61
FWP 20%	5.16 ± 0.01	1.22 ± 0.13	0.42 ± 0.04	0.33	1.02	0.16	0.66
FWP 40%	5.15 ± 0.01	1.24 ± 0.01	0.45 ± 0.00	0.31	1.89	0.14	0.66
FWP 60%	5.14 ± 0.01	1.26 ± 0.02	0.46 ± 0.02	0.30	1.46	0.13	0.71
FWP 80%	5.13 ± 0.02	1.36 ± 0.01	0.48 ± 0.01	0.30	1.54	0.12	0.81
FWP 100%	5.06 ± 0.03	1.54 ± 0.01	0.49 ± 0.03	0.28	1.46	0.09	0.83

D.H₂O, distilled H₂O; EC, electrical conductivity; T-P, total phosphorus; FWP, food waste powder.

Table 3. Chemical properties of soil after the pot experiment (N = 5).

Sample	pH (1 : 5 D.H ₂ O)	EC (dS·m ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹)	Exchangeable Cations (cmolc·kg ⁻¹)		
				K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Control	6.35 ± 0.02	0.95 ± 0.35	79.20 ± 8.02	0.17	0.58	0.10
FWP 0%	6.53 ± 0.03	0.78 ± 0.04	96.43 ± 1.92	0.17	0.53	0.12
FWP 20%	6.41 ± 0.01	0.58 ± 0.01	63.76 ± 4.00	0.21	0.72	0.13
FWP 40%	6.38 ± 0.03	0.68 ± 0.01	64.53 ± 4.36	0.29	2.42	0.19
FWP 60%	6.40 ± 0.02	0.68 ± 0.01	93.68 ± 0.98	0.27	2.15	0.18
FWP 80%	6.48 ± 0.01	0.58 ± 0.02	93.10 ± 3.27	0.28	2.21	0.15
FWP 100%	6.35 ± 0.01	0.85 ± 0.02	65.30 ± 2.55	0.25	1.75	0.19

D.H₂O, distilled H₂O; EC, electrical conductivity; Av. P₂O₅, available phosphate; FWP, food waste powder.

혼합 유기질비료의 시비에 따른 상추의 생육 조사 결과

상추의 생육을 조사한 결과 FWP 60% 처리구에서 가장 좋은 생육 결과를 보였으며, 특히 조사 항목 중 생중량의 경우 FWP 60% 처리구($63.63 \pm 6.66 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$)는 대조구($42.47 \pm 4.38 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$)에 비해 약 50% 높은 결과를 나타냈다 (Table 4). 또한 상추의 엽수는 FWP 60% 처리구($23.00 \pm 1.73 \text{ ea} \cdot \text{plant}^{-1}$)가 대조구($19.00 \pm 1.00 \text{ ea} \cdot \text{plant}^{-1}$)와 비교하여 약 21%가 증가하는 결과를 나타냈다. 음식물류 폐기물 건조분말 사용에 따른 엽채류의 생육 감소 결과를 보인 Kim et al. (2019)의 연구 결과와는 반대되는 결과로 NaCl 함량이 높은 음식물류 폐기물 건조분말을 시비할 경우 주의가 필요함을 시사한다. 무기질비료만을 처리한 대조구에서는 대부분의 생육조사 항목에서 낮은 값을 보이며 저조한 생육 결과를 나타냈다. 이는 음식물류 폐기물과 유기질비료를 혼합한 유기질비료가 상추의 생육에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 하지만 FWP의 함량이 60%보다 높은 혼합 유기질비료를 시비했을 경우 FWP의 함량이 증가함에 따라 생육이 점차 감소하는 것으로 보아, 유기질비료와 FWP를 60% 내외로 혼합하였을 때, 상추의 생육에 가장 긍정적인 영향을 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 상추의 지상부를 분리하고 암면 위에 올려 촬영한 사진은 Fig. 1과 같다.

Table 4. Growth characteristics of leaf lettuce (N = 5).

Treatment	Fresh shoot	Fresh root	Dried shoot	Dried root	Number of leaves (ea·plant ⁻¹)	Leaf length	Leaf width
	(g·plant ⁻¹)					(cm)	
Control	42.47 ± 4.38a	6.03 ± 2.43ab	6.89 ± 0.44c	0.33 ± 0.09bc	19.00 ± 1.00ab	13.15 ± 1.03a	7.84 ± 0.45a
FWP 0%	46.95 ± 14.11a	8.07 ± 0.75ab	7.18 ± 0.78bc	0.58 ± 0.05ab	20.67 ± 2.31ab	14.15 ± 1.41a	9.17 ± 1.11a
FWP 20%	51.63 ± 6.83a	7.65 ± 1.84ab	8.83 ± 4.26bc	0.50 ± 0.12ab	21.33 ± 2.52a	14.00 ± 0.18a	9.12 ± 0.34a
FWP 40%	52.44 ± 10.01a	4.74 ± 1.70ab	10.93 ± 5.30ab	0.31 ± 0.16bc	17.33 ± 1.53b	13.71 ± 0.31a	8.63 ± 0.84a
FWP 60%	63.63 ± 6.66a	7.00 ± 2.35ab	14.29 ± 0.24a	0.60 ± 0.46a	23.00 ± 1.73a	14.43 ± 0.26a	9.20 ± 0.66a
FWP 80%	53.94 ± 6.76a	4.15 ± 1.50b	13.64 ± 1.10a	0.29 ± 0.15bc	20.00 ± 1.00ab	14.17 ± 1.46a	8.63 ± 0.44a
FWP 100%	49.81 ± 4.25a	5.51 ± 1.34ab	13.17 ± 0.22a	0.32 ± 0.06bc	19.33 ± 0.58ab	12.84 ± 1.40a	8.31 ± 0.74a

Values represent by means ±SD, One-way analysis of variation, ANOVA, Post-hoc test by Duncan's multiple range test in SPSS version 24.0. FWP, food waste powder.

a - c: Same letter under same parameter are not significantly different at $p = 0.05$.

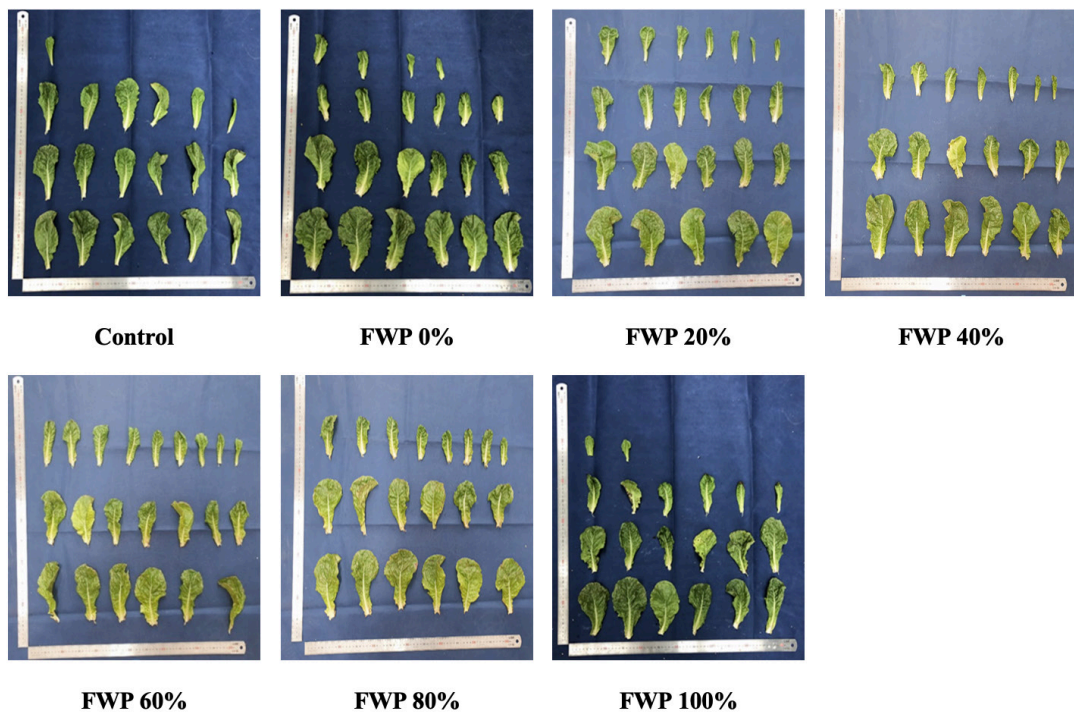


Fig. 1. Leaf lettuce grown for 38 days in different ratio of food waste powder (FWP).

상추의 품질을 조사한 결과 당도는 FWP 60% 처리구에서 2.73 ± 0.15 (Brix)로 가장 높은 값을 나타내었고, 대조구에서 1.40 ± 0.40 (Brix)로 가장 낮은 값을 나타내었다. 질산태질소 함량은 FWP 40% 처리구에서 2266.7 ± 321.46 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 가장 높은 함량을 나타냈다. 또한 엽록소 함량은 FWP 20% 처리구에서 35.11 ± 2.64 (SPAD)로 가장 높았지만, 큰 유의차를 나타내지 않았다(Table 5).

Table 5. Quality characteristics of leaf lettuce (N = 5).

Treatment	Sweetness degree (Brix)	Nitrate-Nitrogen ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Chlorophyll (SPAD)
Control	1.40 ± 0.40 d	$1,223.3 \pm 321.9$ c	31.38 ± 1.56 a
FWP 0%	1.93 ± 0.25 c	$1,933.3 \pm 288.7$ abc	34.10 ± 3.42 a
FWP 20%	2.27 ± 0.38 abc	$1,933.3 \pm 642.9$ abc	35.11 ± 2.64 a
FWP 40%	2.47 ± 0.32 ab	$2,266.7 \pm 321.5$ a	32.31 ± 3.01 a
FWP 60%	2.73 ± 0.15 a	$1,600.0 \pm 100.0$ abc	34.04 ± 2.01 a
FWP 80%	2.47 ± 0.06 ab	$1,333.3 \pm 416.3$ bc	33.42 ± 3.91 a
FWP 100%	2.70 ± 0.26 a	$1,600.0 \pm 519.6$ abc	35.98 ± 0.89 a

Values represent by means \pm SD, One-way analysis of variation, ANOVA, Post-hoc test by Duncan's multiple range test in SPSS version 24.0. FWP, food waste powder.

Conclusions

본 실험에서는 음식물류 폐기물 건조분말과 유기질비료를 비율 별로 혼합한 유기질비료가 상추의 생육에 미치는 영향을 평가하였다. 혼합 유기질비료의 화학적 특성은 FWP의 함량이 증가할수록 pH와 K_2O , MgO 함량이 감소하는 경향을 나타내었으나, EC와 NaCl, T-P 함량은 FWP의 함량이 높아질수록 증가하는 경향을 나타내었다. 상추의 생육을 평가한 결과, FWP 60% 처리구가 대조구에 비해 약 50% 높은 생중량을 나타냈으며, 엽수는 약 21% 높은 결과를 나타냈다. 또한 모든 혼합 유기질비료 처리구에서 대조구보다 좋은 생육을 나타낸 것으로 보아 적정량의 FWP 처리는 상추의 생육에 긍정적인 영향을 주는 것으로 판단된다.

Acknowledgements

본 연구는 농촌진흥청(Rural development administration)의 공동연구사업(세부과제번호: PJ0151632020)의 지원으로 수행되었습니다.

Authors Information

Jun-Hyuk Yoo, Chungnam National University, Master student

Jae-Hong Kim, Chungnam National University, Bachelor

Jae-Han Lee, Chungnam National University, Postdoctoral researcher

Jin-Hyuk Chun, Chungnam National University, Master student

Luyima Deogratus, Chungnam National University, Master student

Yun-Gu Kang, Chungnam National University, Undergraduate student

Hyun-Nyung Woo, Chungnam National University, Bachelor

Taek-Keun Oh, Chungnam National University, Professor

Seong-Heon Kim, National Institute of Agricultural Sciences, Researcher

References

- 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 BR, Lee JH, Kim SH, Choi HY, Choi BS, Oh TK, Lee CH. 2020. Production of liquid fertilizer from broken eggs and evaluation of its effect on lettuce growth. Korean Journal of Agricultural Science 47:11-18. [in Korean]
- Kim KH, Kwan YH. 2015. A study on applied device of reduction for decrease of food waste. Journal of Korea Society of Waste Management 32:281-288. [in Korean]
- Kim YS, Kim DH, Lee GJ. 2019. Physicochemical properties of a mixture of dehydrated 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 CH, Park SJ, Kim MS, Yun SG, Ko BG, Lee DB, Kim SC, Oh TK. 2015. Characteristics of compost produced in food waste processing facility. Korean Journal of Agricultural Science 42:177-181. [in Korean]
- Lee DJ, Moon SH, Bae JS, Jeon TW, Lee YG. 2018. Energy balance analysis of power plant using biogas of organic waste resources. Journal of Korea Society Waste Management 2018:177. [in Korean]
- Lee JH, Yeom KR, Yang JW, Choi YJ, Hwang HC, Jeon YJ, Lee CH, Choi BS, Oh TK, Park SJ. 2019. Comparing the composting characteristics of food waste supplemented with various bulking agents. Korean Journal of Agricultural Science 46:897-905. [in Korean]
- ME (Ministry of Environment). 2017. 5th National waste statistics survey. 11-1480000-001528-13. ME, Sejong, Korea. [in Korean]
- MIFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2011. Five-year plan for the promotion of environment-friendly agriculture. pp. 1-24. MIFAFF, Sejong, Korea. [in Korean]
- NAAS (National Academy of Agricultural Science). 2010. Standard for fertilizer application by plant. pp. 106-108. Rural Development Administration, Jeonju, Korea. [in Korean]
- NIAS (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Methods of soil and plant analysis. pp. 103-146. Rural Development Administration, Jeonju, Korea. [in Korean]
- Oh SH, Lee CJ, Yoon MH. 2016. Isolation and characterization of plant growth promoting *rhizobacteria* from button mushroom compost. Korean Journal of Agricultural Science 43:100-108. [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]
- RDA (Rural Development Administration). 2012. Standards for research and analysis of agricultural science and technology. pp. 533-537. RDA, Jeonju, Korea. [in Korean]
- RDA (Rural Development Administration). 2019. Official standard of commercial fertilizer. Article 6, Clause 8. RDA, Jeonju, Korea. [in Korean]
- Yun HB, Kaown DI, Kim MS, Lee YB. 2011. The nitrogen, phosphate, and potassium contents in organic fertilizer. Korean Society of Soil Science and Fertilizer 44:498-501. [in Korean]