The Effect of Food Waste Compost on Chinese Cabbage Growth and Change of Soil Properties

Jae Hong Yoo, Young Don Lee¹, and Jin Ho Joo^{1*}

Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

¹Department of biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

*Corresponding author: jhjoo@kangwon.ac.kr

ABSTRACT

Received: November 4, 2019

Revised: December 2, 2019

Accepted: December 3, 2019

ORCID

Jin Ho Joo

<https://orcid.org/0000-0001-6698-571X>

The objective of this research is to evaluate the effect of food waste compost application on Chinese cabbage growth and soil chemical properties. For field experiment, seven different treatments (livestock compost (LC), livestock compost + chemical fertilizer (NPK), food waste compost (FWC), food waste compost + chemical fertilizer, food waste compost + livestock compost (FWC+LC), food waste compost + livestock compost + chemical fertilizer, and control) were applied to Chinese cabbage grown field. All the treatment were carried out in 3 replicates with completely randomized design. Treatment of FWC+LC+NPK showed highest values in all parameters (leaf length, leaf width, chlorophyll contents, fresh and dry weight) of Chinese cabbage. Especially fresh and dry weight of Chinese cabbage treated with FWC+LC+NPK showed two times higher values compared to control. The electrical conductivity, organic matter, and cation exchange capacity in soils treated with both FWC and LC showed significant increase compared to control, while pH, and available P₂O₅ content did not.

Keywords: Food waste compost, Chemical fertilizer, Chinese cabbage, Soil chemistry, Lives tock compost

Chinese cabbage growth with different treatments of compost.

Treatments	Leaf length ----- cm -----	Leaf width ----- cm -----	Chlorophyll O.D (SPAD)	Fresh weight ----- g -----	Dry weight ----- g -----
Control	33.7±1.06 ^{e†}	23.4±2.66 ^e	44.1±1.13 ^c	1122±376.89 ^b	166.7±50.33 ^d
LC [†]	39.9±0.48 ^{cd}	27.9±0.47 ^{cd}	50.3±0.69 ^{bc}	1760±177.76 ^{ab}	234.3±30.55 ^{cd}
FWC	37.6±2.63 ^d	25.8±1.22 ^{de}	49.2±7.26 ^{bc}	1598±264.28 ^{ab}	213.3±5.77 ^d
FWC+LC	42.3±1.42 ^{bc}	30.2±1.93 ^{bc}	51.1±1.56 ^{abc}	1893±608.28 ^{ab}	246.7±11.55 ^{bcd}
LC+NPK	44.8±1.19 ^{ab}	33.5±1.04 ^{ab}	55.9±3.91 ^{ab}	2148±135.81 ^a	309.0±20.00 ^{ab}
FWC+NPK	43.7±1.38 ^b	32.1±1.20 ^b	53.7±2.70 ^{ab}	1949±534.15 ^{ab}	298.3±64.29 ^{abc}
FWC+LC+NPK	47.6±1.95 ^a	36.3±1.32 ^a	59.3±4.89 ^a	2240±373.36 ^a	347.7±23.09 ^a

[†]The different letters are significantly ($p < 0.05$) different according to Duncan's multiple test.

[†]LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost.

Introduction

최근 산업의 발달 및 소득증대로 인하여 많은 양의 폐기물들이 발생하고 있으며, 2016년도 기준 총 폐기물 발생량은 415,345 ton day⁻¹로 전년 대비 약 2.6% 증가한 것으로 나타났다. 폐기물은 크게 생활폐기물, 사업장폐기물로 나뉘며, 생활폐기물이 전체 폐기물 중 약 13%로 높은 비중을 차지하고 있다. 또한, 1인당 1일 생활폐기물 발생량은 1.01 kg으로 15년도 대비 0.04 kg 증가한 것으로 밝혀졌다 (Ministry of Environment, 2017). 이렇게 발생하는 생활폐기물은 보통 매립과 소각에 의존하고 있으며, 매립지 부족 및 2차 오염 등의 문제가 있어 다양한 해결책이 요구되고 있다 (Hwang and Min, 2012). 생활폐기물 중 약 27%를 차지하는 음식물류폐기물은 높은 수분함량으로 인해 쉽게 부패가 되며, 소각 시 낮은 발열량으로 인해 보조 연료를 추가 사용해야 한다는 문제가 있어 높은 비용이 요구된다. 또한, 매립 시 침출수를 유발하여 토양오염을 유발하는 추가적 문제가 있다 (Yu et al., 2001). 위와 같은 문제를 해결하고 음식물류폐기물의 원활한 자원화를 위해 정부와 민간기업에서 2005년까지 모든 지방자치단체가 자원화시설을 완료하도록 법제화를 시작하였다 (Han and Park, 2004). 현재 퇴비화 시설 81, 사료화(습식, 건식) 193, 바이오가스화 30 기타(혼합시설) 42개소로 2019년도 4월 기준 전국 총 346개소의 자원화 시설이 존재하는 것으로 밝혀졌다 (Ministry of Environment, 2019). 자원화란 버려지는 폐기물을 재활용하는 것을 말하며 음식물류폐기물의 경우 대표적으로 사료화, 퇴비화, 바이오가스화, 기타 등이 있다 (Kim and Jang, 2006). 하지만 사료화의 경우 지정된 장소에서 배출되는 음식물만 가능하며, 부패될 가능성이 크다. 과거에는 주로 음식물류폐기물을 습식사료로 사용하였지만, 최근 조류인플루엔자 발생 등 우려의 문제가 있어 2017년 닭과 오리 등에 음식물류폐기물 사료 금지가 시행되었고 (MAFRA, 2017), 현실적으로는 퇴비화하는 것이 유일한 방안이다. 음식물류폐기물은 대부분 유기성 물질로 구성되어 식물에게 필요한 영양분을 충분히 가지고 있어 높은 염분함량과 향신료 등을 함유한 일부 음식물류폐기물을 제외하면 퇴비로서 충분히 유용한 자원이 될 수 있다 (Chun et al., 2001). 그러나 과거 음식물류폐기물로 자원화 된 퇴비가 충분한 부숙과정을 거치지 않고 농가에 보급되어 암모니아 가스장해로 인한 작물피해를 준 사례와 높은 염분함량으로 인해 식물 퇴비가 퇴비로서의 가치가 떨어진다는 인식 때문에 일부 농가에서 기피되었다 (Kim and Kim, 2007). 이러한 인식의 변화를 위해 음식물류폐기물 퇴비화에 관한 연구는 다양하게 이뤄지고 있다. 그러나 실질적으로 퇴비 처리 시 작물에 미치는 영향과 퇴비 품질 평가에 관한 연구는 미진하고, 특히 포장실험을 통한 작물생육과 토양의 이화학 특성변화에 관한 연구는 극히 드물다. 따라서 본 연구는 음식물류폐기물을 원료로 한 퇴비 처리가 배추의 생육에 미치는 영향과 토양화학 특성변화에 관해 확인하고자 한다.

Materials and Methods

시험포장 시험 포장은 강원도 춘천시 신북읍 배후령길 81-10에 위치한 강원대학교 부설농장 소재의 밭을 선정하였으며, 퇴비 처리 후 토양 화학적 변화에 미치는 영향을 평가하기 위해 최근 1년간 작물이 재배되지 않았던 지역을 선정하여 본 연구에 사용하였다. 공시 포장의 화학적 특성은 pH가 우리나라 평균 밭 토양수치인 5.6보다 높은 6.2의 수치를 보였으나, EC 0.7 dS m⁻¹, 유기물 18.3 g kg⁻¹, 유효인산 440 g kg⁻¹, CEC 15.2으로 평균 밭 토양의 화학성을 보였다 (Table 1).

Table 1. Chemical properties of the soil used.

pH	EC	O.M	Av. P ₂ O ₅	Exch. cation				CEC
				K	Ca	Mg	Na	
(1:5 H ₂ O)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c ⁺ kg ⁻¹				
6.2±0.03	0.7±0.03	18.3±2.86	440.5±57.08	0.83±0.01	6.60±0.01	0.55±0.03	0.14±0.01	15.2±0.16

음식물류폐기물퇴비 및 가축분퇴비 음식물류폐기물 퇴비는 전라북도 전주시 완산구 삼천동 3가 749-5에 위치한 자원화 시설에서 제조된 음식물류폐기물 퇴비를 제공받아 사용하였으며, 음식물과 톱밥을 7:3 비율로 혼합하여 부숙과정이 충분히 이루어진 퇴비를 본 연구에 사용하였다. 가축분 퇴비는 시중에서 판매되고 있는 주성분이 돈분인 가축분 퇴비 S 제품을 선정하여 사용하였고, 퇴비 처리에 앞서 공시 시료 3종의 퇴비를 농촌진흥청 비료품질검사방법 및 시료 채취기준(RDA, 2019)에 준하여 유기물, 수분, T-C, T-N, OM/N ratio, NaCl 함량, 염산불용해물(HIS) 및 유해중금속 8종을 분석하였다.

처리구 및 시비량 설정 퇴비 처리구 설정은 무처리구(Control), 가축분퇴비(LC), 음식물퇴비(FWC), 음식물과 가축분을 7:3으로 혼합한 혼합퇴비(FWC+LC)를 설정하였고, 추가적으로 화학비료 사용에 따른 변화를 확인하기 위하여 화학비료 처리구 3개(LC+NPK, FWC+NPK, FWC+LC+NPK) 총 7개의 처리구를 설정하였다. 퇴비 시비량은 농촌진흥청 작물별 시비처방 기준(RDA, 2010)에 준하여 10 a 당 2,500 kg 기비하였으며, 화학비료의 경우에는 10 a 기준 질소 32 kg, 인 7.8 kg,加里 79.8 kg을 각각 처리하였다.

재배개요 시험작물의 엽수는 3 - 4매이며, 직경 5 cm 정도의 건실한 배추(*Brassica cam-pesttris*. L) 모종을 사용하였고, 처리구당 면적은 1.0 m² (1.0 m × 1.0 m)로 한 처리구당 3주씩 2줄로 7개의 처리구에 각각 6주를 난괴법으로 3반복 정식 하였다.

토양 화학성 변화 확인 본 연구에 사용된 토양의 경우 정식 전과 최종 수확 후 토양을 각각 채취하였으며, 풍건 후 2 mm 체거름하여 사용하였다. pH와 EC는 국립산림과학원 토양 및 식물체 분석법(NIoFS, 2014)에 준하여 1:5법으로 30분간 진탕 후 토양용액을 각각의 분석기기를 통하여 분석하였다. 유기물은 Walkley-Black법을 이용하였고, 유효인산의 함량은 비색정량법인 몰리브덴 청법에 준하여 UV-vis Spectrophotometer (UV-2401PC, Japan)로 흡광도를 측정하였다. 토양의 치환성양이온은 1N-NH₄OAc (pH 7.0)로 추출 후 ICP-AES (ICP Series-6000, USA)로 분석하여 토양의 화학적 특성을 확인하였다.

퇴비 처리에 따른 작물 생육조사 퇴비 처리 후 작물생육 변화의 분석을 위해 농촌진흥청 농작물 생육조사 표준매뉴얼(RDA, 2014)에 준하여 측정하였고, 정식 후 7일의 간격으로 7, 14, 21, 28, 35, 42일의 각 처리구별 엽장, 엽폭, 엽색도(SPAD)를 측정하였다. 6주간의 재배 후 최종 수확하여 생중량 및 건중량을 기초로 작물생육 변화를 분석하였으며, 분석된 결과를 바탕으로 각각의 퇴비 사용에 따른 영향을 확인하였다.

통계검정 모든 처리구는 3 반복으로 진행되었고, 처리구간의 평균값과 표준편차를 이용하여, SAS 9.5 프로그램을 통해 분산분석을 시행하였으며, Duncan multiple test를 이용하여 유의수준 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 보았다.

Results and Discussion

시험시료 퇴비의 비료공정규격 화학성 적합여부 시험시료 3종의 퇴비 모두 농촌진흥청 비료공정규격에 준하여 분석하였으며, 그 결과는 Table 2, 3과 같다. 유기물 함량(%)의 경우 LC 58.7, FWC 70.3, LC+FWC 63.6%으로 음식물류폐기물퇴비(FWC)가 다른 퇴비에 비해 다소 높은 유기물 함량을 보였다 (Lee et al., 2017). Jang et al. (1995)의 연구에 의하면 음식물쓰레기 퇴비의 총 탄소 및 총 질소가 높은 수치를 보이는데 이는 퇴비 제조 시 첨가되는 난분해성 물질인 톱밥이 함유돼 나타난 수치로써 본 연구와 비슷한 경향을 확인할 수 있었다. NaCl함량의 경우 음식물류폐기물퇴비(FWC)가 1.82%의 수치로 가장 높았으며, 이는 음식물이 보유하고 있는 높은 염분함량 때문에 나타난 수치로 판단된다 (Lee et al., 2002). 유해중금속 8종은 가축분 퇴비(LC)가 Cu 84.92 mg kg⁻¹, Zn 252.53 mg kg⁻¹으로 다른 퇴비에 비해 높은 수치를 나타내었는데, 이는 축분퇴비의 중금속 원소들 중 Cu, Zn의 농도가 다른 중금속 원소들에 비해 높다는 연구결과와 같았다 (Ko et al., 2004). 하지만 중금속 8종 모두 비료 공정규격에서 우려 수준 이하의 값을 보여 최종적으로 3종의 퇴비 모두 비료 공정규격에 적합 여부를 확인할 수 있었다.

퇴비 처리 시 토양의 화학성 변화 음식물류폐기물 퇴비와 가축분 퇴비의 사용에 따른 토양의 화학성 변화를 확인하기 위하여 토양화학분석법에 준하여 처리구별 화학적 특성을 확인하였다 (Table 4). pH의 경우 처리구별 큰 차이를 보이지 않았으며, 이는 퇴비의 사용이 토양의 pH 변화에 큰 관여를 하지 않는 것으로 판단되었다. EC는 음식물 퇴비 처리구(FWC) 1.7 dS m⁻¹, 음식물퇴비+화학비료 처리구(FWC+NPK) 2.2 dS m⁻¹로 무처리구 대비 다소 높은 EC 함량을 보였으나 유 등 (Yu et al., 2001)에 연구결과에 의하면 화학비료와 퇴비 사용이 EC를 증가시키며, 상대적

Table 2. Chemical properties of compost used.

Composts	OM	Water content	T-C	T-N	OM/N ratio	NaCl	HIS [†]
	----- % -----						
Standard	30 <	55 >	Element content		45 >	2.0 >	26 >
LC [†]	58.7	35.8	31.5	2.5	23.48	0.79	5.18
FWC	70.3	18.7	42.7	5.1	13.78	1.72	7.75
LC+FWC	63.6	26.1	38.6	4.3	14.79	1.05	7.50

[†]LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost.

[†]HIS: HCl Insoluble Substance.

Table 3. Concentration of hazardous heavy metals in livestock compost and food waste compost.

Composts	AS	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	Ni	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----							
Standard	< 45	< 5	< 2	< 130	< 200	< 360	< 45	< 900
LC [†]	ND [‡]	ND	ND	ND	30.71	84.92	14.51	252.53
FWC	ND	0.20	ND	0.86	0.45	3.78	0.32	25.99
LC+FWC	ND	0.11	ND	0.51	12.38	22.34	6.25	125.45

[†]LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost.

[‡]ND: Not Detect.

Table 4. Chemical properties of Chinese cabbage grown soil after harvesting.

Treatments	pH	EC	O.M	Av. P ₂ O ₅	Exch. cation				CEC
					K	Ca	Mg	Na	
	(1:5 H ₂ O)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c ⁺ kg ⁻¹				
Control	6.3±0.03 ^{c†}	0.4±0.01 ^f	16.3±2.51 ^c	391.1±26.70 ^a	0.87±0.01 ^e	6.82±0.03 ^g	0.67±0.03 ^h	0.11±0.01 ^h	15.6±0.16 ^f
LC [†]	6.4±0.04 ^b	0.6±0.02 ^{ef}	20.0±3.87 ^{bc}	398.1±19.17 ^a	0.90±0.01 ^e	7.17±0.02 ^e	0.86±0.01 ^f	0.33±0.01 ^g	16.5±0.03 ^e
FWC	6.1±0.02 ^e	1.7±0.02 ^e	28.8±3.54 ^{ab}	395.6±3.05 ^a	0.86±0.01 ^e	7.07±0.03 ^f	0.78±0.01 ^g	1.41±0.01 ^c	16.3±0.04 ^e
FWC+LC	6.3±0.06 ^c	0.9±0.02 ^{de}	21.0±1.35 ^{bc}	405.9±19.61 ^a	0.96±0.01 ^d	7.33±0.02 ^d	0.95±0.02 ^e	1.12±0.01 ^d	16.9±0.15 ^d
LC+NPK	6.6±0.03 ^a	1.3±0.04 ^d	26.3±1.60 ^{abc}	416.5±10.03 ^a	1.10±0.02 ^b	7.74±0.03 ^b	1.13±0.03 ^b	0.55±0.01 ^f	17.6±0.14 ^b
FWC+NPK	6.4±0.03 ^b	2.2±0.33 ^b	29.4±6.33 ^{ab}	410.9±9.58 ^a	1.04±0.03 ^c	7.53±0.05 ^c	1.06±0.02 ^c	1.81±0.02 ^a	17.2±0.07 ^c
FWC+LC+NPK	6.3±0.02 ^d	1.8±0.15 ^a	32.8±9.24 ^a	427.2±70.55 ^a	1.18±0.04 ^a	7.84±0.04 ^a	1.26±0.04 ^a	1.50±0.04 ^b	18.0±0.24 ^a

[†] The different letters are significantly ($p < 0.05$) different according to Duncan's multiple test.

[†] LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost.

으로 높은 염분함량을 보유하고 있는 음식물 퇴비로 인해 다른 처리구에 비해 다소 높은 EC 함량을 보인 것으로 판단된다 (Kim and Kim, 2007). 유기물 함량은 전반적으로 무처리구와 대비하여 유의적으로 높은 값을 보였고, 특히 음식물퇴비 처리구가 (FWC) 28.8 g kg⁻¹로 가축분 퇴비보다 높았다. 이는 음식물 퇴비 자체 내에 함유된 유기물의 증가로 보여진다 (Yoo et al., 2018). 유효인산은 무처리구와 대비하여 큰 차이를 보이지 않았고, CEC의 경우에는 퇴비 시용 시 무처리구와 대비하여 유의한 증가를 보였는데, 이는 유기물 함량 증가와 동시에 CEC 함량 또한 증가한다는 선행연구와 비슷한 경향을 보였다 (Kim et al., 1999).

퇴비 시용에 따른 배추생육 변화 공시작물인 배추의 생육조사는 수확 전 6주간의 엽장, 엽폭, 엽색도를 분석하였으며, 최종 수확 후 생중량, 건중량, 전체길이, 뿌리길이 등을 분석하였다. 1 - 2 주차는 생육 초기로써 무처리구 대비 비슷한 성장률로 유의한 차이를 보이지 않았으며 (Table 5), 3 주차부터 처리구간 유의한 차이를 보이기 시작하였다 (Table 6). 5주 차에서는 순수 퇴비 처리 시 혼합퇴비 (FWC+LC)처리구가 엽장 39.8 cm, 엽폭 27.9 cm, 엽색도 48.8로 처리구간 가장 높은 수치를 보였으며, 화학비료 처리 또한 비슷한 경향을 보였다 (Table 7). 최종 수확시기인 6

Table 5. Chinese cabbage growth with different compost treatments for 1 - 2 weeks.

Treatments	1 Weeks			2 Weeks		
	Leaf length	Leaf width	Chlorophyll	Leaf length	Leaf width	Chlorophyll
	cm	cm	O.D (SPAD)	cm	cm	O.D (SPAD)
Control	11.7±0.64 ^{a†}	4.9±0.09 ^a	37.9±6.92 ^a	13.3±1.59 ^b	7.3±1.26 ^c	37.2±0.54 ^b
LC [†]	11.7±0.29 ^a	4.7±0.21 ^a	36.6±3.92 ^a	13.8±1.23 ^{ab}	8.4±1.63 ^{bc}	37.2±2.25 ^b
FWC	11.2±0.58 ^a	4.9±0.51 ^a	41.9±3.12 ^a	16.3±0.53 ^{ab}	10.5±0.89 ^{ab}	44.6±1.32 ^a
FWC+LC	11.7±0.41 ^a	5.0±0.13 ^a	41.7±3.31 ^a	16.8±1.69 ^{ab}	11.4±0.49 ^a	42.0±1.00 ^{ab}
LC+NPK	11.3±1.92 ^a	4.8±0.04 ^a	41.9±3.16 ^a	16.9±1.73 ^{ab}	11.4±1.68 ^a	42.6±4.93 ^{ab}
FWC+NPK	11.2±0.49 ^a	4.7±0.25 ^a	42.2±4.28 ^a	15.3±0.64 ^{ab}	9.7±0.39 ^{ab}	43.7±1.84 ^a
FWC+LC+NPK	11.1±1.09 ^a	4.9±0.55 ^a	43.2±0.90 ^a	17.5±3.02 ^a	10.6±0.52 ^{ab}	47.2±2.51 ^a

[†] The different letters are significantly ($p < 0.05$) different according to Duncan's multiple test.

[†] LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost.

주차의 경우 혼합퇴비와 화학비료가 처리된 처리구 (FWC+LC+NPK)가 엽장 47.6 cm, 엽폭 36.3 cm, 엽색도 59.3로 유의하게 높은 수치를 나타냈다. 최종 수확 후 생중량 및 건중량의 경우 FWC+LC > LC > FWC 순이었으며, 화학비료 처리 시 FWC+LC+NPK 처리구가 생중량 2,240 g, 건중량 346.7 g으로 무처리구 대비 약 2배의 수치를 보였다

Table 6. Chinese cabbage growth with different compost treatments for 3 - 4 weeks.

Treatments	3 Weeks			4 Weeks		
	Leaf length	Leaf width	Chlorophyll	Leaf length	Leaf width	Chlorophyll
	----- cm -----		O.D (SPAD)	----- cm -----		O.D (SPAD)
Control	22.9±4.88 ^{d†}	15.5±4.75 ^c	37.7±1.62 ^c	27.0±3.09 ^d	18.5±3.80 ^c	40.5±2.61 ^c
LC [†]	25.9±1.02 ^{bcd}	17.7±1.06 ^{bc}	39.4±1.79 ^{abc}	30.1±1.29 ^{cd}	21.8±0.62 ^{bc}	43.0±2.61 ^{bc}
FWC	24.7±0.36 ^{cd}	16.7±1.29 ^c	48.3±2.39 ^{bc}	28.5±1.29 ^{cd}	20.5±1.02 ^{bc}	42.5±3.76 ^{bc}
FWC+LC	27.5±3.12 ^{abcd}	19.5±1.08 ^{bc}	43.6±0.94 ^{abc}	31.4±1.74 ^{bc}	22.3±0.82 ^{abc}	43.6±0.61 ^{bc}
LC+NPK	31.0±1.47 ^{ab}	22.4±1.32 ^{ab}	43.0±1.48 ^{ab}	35.8±1.23 ^a	26.6±1.01 ^{ab}	48.3±2.31 ^{ab}
FWC+NPK	29.5±1.44 ^{abc}	21.7±1.45 ^{ab}	45.5±1.32 ^{abc}	34.3±0.72 ^{ab}	24.9±1.46 ^{ab}	47.4±0.44 ^{ab}
FWC+LC+NPK	32.9±2.48 ^a	24.8±2.18 ^a	50.1±1.79 ^a	37.6±2.62 ^a	28.3±1.64 ^a	50.1±5.27 ^a

[†] The different letters are significantly ($p < 0.05$) different according to Duncan's multiple test.

[†] LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost.

Table 7. Chinese cabbage growth with different compost treatments for 5 - 6 weeks.

Treatments	5 Weeks			6 Weeks		
	Leaf length	Leaf width	Chlorophyll	Leaf length	Leaf width	Chlorophyll
	----- cm -----		O.D (SPAD)	----- cm -----		O.D (SPAD)
Control	29.1±1.48 ^{e†}	20.1±1.26 ^f	39.6±0.20 ^c	33.7±1.06 ^e	23.4±2.66 ^e	44.1±1.13 ^c
LC [†]	37.3±0.16 ^{cd}	25.9±0.25 ^{de}	47.6±1.28 ^{bc}	39.9±0.48 ^{cd}	27.9±0.47 ^{cd}	50.3±0.69 ^{bc}
FWC	34.9±2.08 ^d	24.2±1.45 ^e	45.4±6.63 ^{bc}	37.6±2.63 ^d	25.8±1.22 ^{de}	49.2±7.26 ^{bc}
FWC+LC	39.8±1.40 ^{bc}	27.9±1.45 ^{cd}	48.8±1.28 ^{ab}	42.3±1.42 ^{bc}	30.2±1.93 ^{bc}	51.1±1.56 ^{abc}
LC+NPK	42.0±1.14 ^{ab}	31.5±1.00 ^b	53.3±4.41 ^{ab}	44.8±1.19 ^{ab}	33.5±1.04 ^{ab}	55.9±3.91 ^{ab}
FWC+NPK	41.2±1.05 ^b	30.1±0.50 ^{bc}	50.7±2.16 ^{ab}	43.7±1.38 ^b	32.1±1.20 ^b	53.7±2.70 ^{ab}
FWC+LC+NPK	44.6±1.95 ^a	34.1±1.48 ^a	56.2±4.96 ^a	47.6±1.95 ^a	36.3±1.32 ^a	59.3±4.89 ^a

[†] The different letters are significantly ($p < 0.05$) different according to Duncan's multiple test.

[†] LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost.

Table 8. Chinese cabbage yield with various treatments after harvest.

Treatment	Leaf length	Root length	Total length	Fresh weight	Dry weight
	----- cm -----			----- g -----	
Control	33.7±1.06 ^{e†}	20.8±3.41 ^b	55.7±3.63 ^e	1122±376.89 ^b	166.7±50.33 ^d
LC [†]	39.9±0.48 ^{cd}	21.3±6.25 ^b	62.9±1.23 ^{cd}	1760±177.76 ^{ab}	234.3±30.55 ^{cd}
FWC	37.6±2.63 ^d	20.9±5.58 ^b	60.5±4.17 ^{de}	1598±264.28 ^{ab}	213.3±5.77 ^d
FWC+LC	42.3±1.42 ^{bc}	21.7±5.28 ^b	65.6±2.11 ^{cd}	1893±608.28 ^{ab}	246.7±11.55 ^{bcd}
LC+NPK	44.8±1.19 ^{ab}	24.5±4.12 ^{ab}	71.1±1.54 ^{ab}	2148±135.81 ^a	309.0±20.00 ^{ab}
FWC+NPK	43.7±1.38 ^b	22.4±5.21 ^{ab}	68.0±0.83 ^{bc}	1949±534.15 ^{ab}	298.3±64.29 ^{abc}
FWC+LC+NPK	47.6±1.95 ^a	26.9±4.68 ^a	76.0±2.95 ^a	2240±373.36 ^a	346.7±23.09 ^a

[†] The different letters are significantly ($p < 0.05$) different according to Duncan's multiple test.

[†] LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost.

(Table 8). 전반적인 배추의 생육결과를 보았을 때 음식물쓰레기 퇴비 포함 부산물퇴비의 사용은 무처리구 대비 높은 배추의 생장률을 보였다. 이는 부산물퇴비 처리가 토양 내 양분의 유효도를 상승시켜 작물의 근권발달 및 양분흡수력을 높여 나온 결과로 판단된다 (Lee et al., 2016).

Conclusions

음식물류폐기물퇴비 처리가 배추 생육과 토양 화학성 변화에 미치는 영향을 분석하고자 본 연구를 수행하였다. 공시시료 3종의 퇴비는 모두 비료공정규격에 준하여 분석하였으며, 음식물류폐기물퇴비 (FWC)의 염분함량 수치가 1.82%로 기준치 미만의 값을 보여주어 퇴비 3종 모두 비료공정규격치에 적합함을 확인하였다. 퇴비 사용에 따른 토양 화학성의 경우 국립산림과학원 토양 및 식물체 분석법에 준하여 분석하였으며, 그 결과 EC는 음식물퇴비 + 화학비료 처리구 (FWC+NPK) 2.2 dS m^{-1} 로 무처리구 대비 다소 높은 EC함량을 나타냈다. 유기물과 CEC함량 또한 전반적으로 무처리구 대비 유의하게 높은 값을 보여주었다. 퇴비 처리에 따른 6주간의 배추 생육에서는 음식물퇴비 + 가축분퇴비 (FWC+LC) 처리구가 엽장 42.3 cm, 엽폭 30.2 cm, 엽색도 51.1 O.D 모두 가장 높은 수치를 보였고, 이어 가축분 (LC) > 음식물 퇴비 (FWC) 순이었으며, 화학비료 처리구 또한 위와 같은 경향을 보였다. 특히 생중량과 건중량에서 음식물퇴비+가축분퇴비+화학비료 (FWC+LC+NPK) 처리구가 무처리구 대비 약 2배의 수치를 보여 높은 생장률을 확인할 수 있었다. 위 결과를 종합하여 보았을 때 음식물 혼합 퇴비 (FWC+LC+NPK)의 사용은 배추 생육에 매우 긍정적인 영향을 보였으며, 추후 음식물과 가축분의 최적 혼합비율을 통한 작물생육 영향평가에 관한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ010848022019)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Chun, Y.T., G.H. Park, K.C. Cho, H.K. Kim, Y.T. Chi, and S.J. Chung. 2001. Effects of the application of food waste composts on the growth of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). *Agricultural Science & Technology*. 36:91-99.
- Han, D.H. and S.J. Park. 2004. A study on compost of food waste by salt minimization. *J. Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 5(2):118-122.
- Hwang, Y.W. and D.K. Min. 2012. A study on the evaluation of standard construction and operation cost for the food waste recycling. *J. Korea Soc. Waste Manage.* 29(6):512-519.
- Jang, K.H., I.B. Lee, and J.S. Lim. 1995. Changes of physico-chemical properties during the composting of korean food waste. *J. Korea Organic Waste Recycling Council*. 3(1):3-11.
- Kim, J.K., K.P. Lee, S.B. Lee, D.B. Lee, and S.J. Kim. 1999. The effect of long-term application of different organic material sources on chemical properties of upland soil. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 32(3):239-253.
- Kim, N.C. and B.M. Jang. 2006. The experiment of process efficiency and salt elimination in food waste compost using triple salt. *J. Korea Organic Resource Recycling Association*. 14(2):83-84.

- Kim, Y.S. and B.T. Kim. 2007. Effect of food-waste and poultry manure compost on the growth of young radish and the change of soil properties. J. Korea Organic Resource Recycling Association. 15(1):159-170.
- Ko, H.J., H.L. Choi, and K.Y. Kim. 2004. Heavy metal speciation in compost derived from the different animal manures. J. Anim Sci & Technol. 46(2):273-282.
- Lee, C.H., B.G. Ko, M.S. Kim, S.J. Park, S.G. Yun, and T.K. Oh. 2016. Effect of food waste compost on crop productivity and soil chemical properties under rice and pepper cultivation. Korean J. Soil Sci. Fert. 49:682-68.
- Lee, I.B., P.J. Kim, and K.W. Chang. 2002. Evaluation of stability of compost prepared with korean food wastes. J. Soil Sci. Plnat Nutr. 48(1):1-8.
- Lee, Y.D., J.H. Yoo, and J.H. Joo. 2017. The effect of food waste compost and livestock manure on chinese cabbage (*Brassica rapa var. glabra*). Korean J. Soil Sci. Fert. 50(6):547-553.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2017. Food Wet feed (more than 14% moisture content) Prohibit the feeding of poultry such as chicken.
- Ministry of Environment. 2017. 2016 National Waste Statistics Survey. Sejong, Korea.
- Ministry of Environment. 2019. Foodwaste Treatment Facility. Sejong, Korea.
- NloFS (National Institute of Forest Science). 2014. Soil and Plants Analysis.
- RDA (Rural Development Administration). 2010. Fertilization standards by crops. Jeonju, Korea.
- RDA (Rural Development Administration). 2014. Standard manual for crop growth. Jeonju, Korea.
- RDA (Rural Development Administration). 2019. Fertilizer quality inspection methods and sampling standard. Jeonju, Korea.
- Yoo, J.H., Y.D. Lee., K.A. Hussein, and J.H. Joo. 2018. The effect of food waste compost on chinese cabbage (*Brassica rapa var. glabra*) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Growth. Korean J. Soil Sci. Fert. 51(4):596-607.
- Yu, Y.S., K.W. Chang, and J.W. Lee. 2001. Effect of the application of residual food compost on growth of redpepper (*Capsicum annuum* L.) and physicochemical properties of soil. J. Korea Organic Waste Recycling Council. 9(4):81-88.