

음식물류폐기물건조분말과 혼합유기질비료 혼합물의 청경채 생장 효과

김영선^{a,b}, 조성현^c, 이훈수^d, 이금주^{e†}

Growth Properties of Mixtures with Mixed Organic Fertilizer and Dried Food Waste Powder in Pakchoi (*Brassica rapa* L.)

Young-Sun Kim^{a,b}, Sung-Hyun Cho^c, Hoonsoo Lee^d, Geung-Joo Lee^{e†}

(Received: Jul. 29, 2021 / Revised: Sep. 8, 2021 / Accepted: Sep. 10, 2021)

ABSTRACT: This study was conducted to investigate effects of mixture with dried food waste powder (FWP) and mixed organic fertilizer (MOF) on growth of pakchoi. As compared with non-fertilizer treatment (NF) or control (MOF treatment), growth of pakchoi in FWP treatments (2,500 kg/ha, 5,000 kg/ha, 10,000 kg/ha) was inhibited by salt (NaCl) content in the FWP. In comparison with control, mixtures of MOF and FWP (FWP10, FWP20, and FWP30 treatment) were not significantly different, and their salt content correlated with pakchoi growth factors negatively ($P < 0.05$). Applied of FWP10, (FWP10: 2,500 kg/ha, 2FWP10: 5,000 kg/ha, 3FWP10: 7,500 kg/ha, 4FWP10: 10,000 kg/ha), growth factors of FWP10, 2FWP10 and 3FWP10 treatment were not significantly different than those of chemical fertilizer treatment, and of 4FWP10 decreased. Correlation coefficient between NaCl supply by FWP10 application and growth factor was negative ($P < 0.01$). These results indicated that FWP was used as another source of organic fertilizer, and the organic fertilizers blending with FWP inhibited a pakchoi growth by increase of salt content containing in the them or of salt supplying amount after their application.

Keywords: Dried food waste powder (FWP), Pakchoi growth, Salt (NaCl) content, Sources of organic fertilizer

초 록: 본 연구는 음식물류폐기물건조분말(FWP) 및 유기질비료(MOF)와의 혼합물의 처리별 청경채의 생장특성을 비교하기 위해 수행되었다. FWP 처리 후 청경채의 생장 조사 결과, FWP 처리구(2,500 kg/ha, 5,000 kg/ha, 10,000 kg/ha)는 무처리구나 대조구보다 생장이 감소하였다. FWP와 MOF 혼합물(FWP10, FWP20, FWP30) 처리 후 청경채의 생장은 대조구(MOF)와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 혼합물 중 염분 함량과 청경채의 생장 지수는 부의 상관성($P < 0.05$)을 보였다. FWP와 MOF 혼합물 중에서 FWP10의 처리량(FWP10: 2,500 kg/ha, 2FWP10: 5,000 kg/ha, 3FWP10: 7,500 kg/ha, 4FWP10: 10,000 kg/ha)별 청경채의 생장은 FWP10, 2FWP10, 3FWP10 처리구는 화학비료 처리구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 4FWP10 처리구는 화학비료 처리구보다 감소하였다. FWP10 시비수준(1~3배)에 따른 염분 공급량과 청경채의 생장 비교 시 부의 상관성($P < 0.01$)을 나타내었다. 상기 결과들을 종합할 때, 음식물류폐기물건조분말은 유기질비료의 원료로 사용이 가능하며, 음식물류폐기물건조분말이 함유된 유기질비료의 시비에 따른 토양중 염분의 농도가 증가한 경우 청경채의 생장을 감소시킨다는 것을 확인하였다.

주제어: 음식물류폐기물건조분말(FWP), 염분 함량, 유기질비료 원료, 청경채 생장

- ^a 대구대학교 생명환경학부 원예학전공 조교수(Assistant Professor, Division of Life and Environmental Science (Horticulture), College of Natural and Life Sciences, Daegu University)
- ^b 대구대학교 자연과학연구소 연구원(Researcher, Institute of Natural Sciences, Daegu University)
- ^c 효성오앤비주 연구소장(Chief Technology Officer, Hyosung O&B Co. Ltd.)
- ^d 충북대학교 바이오시스템공학과 조교수(Assistant Professor, Department of Biosystem Engineering, Chungbuk National University)
- ^e 충남대학교 원예학과/스마트농업학과 교수(Professor, Department of Horticulture and Department of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University)

† Corresponding author(e-mail: gjlee@cnu.ac.kr)

1. 서론

친환경 농산물의 소비의 증가로 토양 비옥도와 작물의 생산성을 높이기 위해 유기질비료가 이용되고 있다¹⁾. 국내 유통 중인 유기질비료에는 주로 혼합유박, 혼합유기질 및 유기복합 등이 있고, 비료공정규격에서는 아주까리유박, 채종유박, 대두유박 및 미강유박 등 식물성 원료를 이용하여 혼합한 혼합유박, 식물성 원료와 어박 및 골분 등과 같은 동물성 원료를 혼합한 혼합유기질, 식물성 원료, 동물성 원료 및 광물성 원료를 혼합한 유기복합 등으로 구분하고 있다¹⁾. 유기질비료의 질소, 인산 및 칼리 성분은 각각 4.9%, 2.8%, 1.7% 정도이며¹⁾, 작물 재배 시 시비량은 질소 시비량을 기준으로 시비하고 있기 때문에 칼리 성분의 경우 작물 요구도에 비해 적게 공급될 수 있으므로 칼리질 비료의 추가공급이 필요하다²⁾. 유기질비료는 토양 중에서 질소 무기화 과정을 거쳐 식물에 이용되기 때문에 시비 후 토양 온도와 미생물에 영향을 받게 된다³⁾.

유기질비료는 유기질비료의 원료의 종류와 배합 비율에 따라 성분 함량과 특성이 다르게 나타난다⁴⁾. 일반적으로 유기질비료의 원료는 원료의 종류에 따라 비료의 성분 함량 차이를 나타내며 유기성 단백질류를 주원료로 하는 식물성 유박류, 혈분, 어분, 가공계분 등은 질소 원료로, 골분이나 미강은 인산 원료로 사용된다⁴⁾. 대두유박은 다른 원료들보다 상대적으로 칼리 함량이 높으나 함유된 질소 함량도 높기 때문에 유기질비료의 칼리 원료로 사용하기 어렵다⁴⁾.

국내에서 사용하는 유기질비료의 원료는 대부분 외국으로부터 수입하고 있어 경제적 평가 및 자연순환 농업의 영양학적 평가에서 양분수지적자의 원인이 되므로 유기질비료 원료의 국산화를 위한 연구가 필요하다⁵⁾. An et al.⁵⁾은 국내에서 발생하는 유기성 부산물의 원료별 성분을 분석한 결과 질소원을 기준으로 수입 유박 원료인 아주까리유박을 대체할 수 있으나 원료의 수급과 유통에 어려움이 있다고 보고하였다. 특히, 가축분뇨나 음식물류폐기물 등은 다양한 유기성 자원을 발효하여 생산한 원료들로서 다른 유기성 자원에 비해 수급이 용이하고 성분 함량이 일정하여 유기질비료 원료로 활용하기에 좀 더 적합하다고 하였다^{6,7)}.

유기질비료 원료의 국산화를 위한 연구는 가공계

분⁶⁾, 음식물류폐기물건조분말⁷⁾, 우각⁸⁾, 퇴비⁹⁾, 아미노산발효부산물⁹⁾ 등과 같은 유기성 자원의 활용이 제안되었으나 현재 비료공정규격에서는 가공계분과 음식물류폐기물건조분말을 유기질비료의 원료로 사용할 수 있으므로 유기질비료 원료의 국산화 및 다양화를 이루기 위해서는 비료공정규격의 설정이 필요하다⁹⁾. 이 중에서 음식물류폐기물건조분말의 비료 성분 함량은 아주까리유박이나 가공계분과 유사하여 이들 원료를 대신하여 유기질비료의 원료로 사용이 가능하고, 염분 함량이 높기 때문에 원료의 배합과 시비에 제한적으로 사용하고 있다^{10,11)}. 현재 비료공정규격에서는 혼합유기질 제조 시 사용가능한 음식물류폐기물건조분말의 규격을 정하고 있고, 이를 최대 30%까지 유기질비료 제조에 이용하도록 제한하고 있으며, 이렇게 제조된 유기질비료의 규격을 정하여 관리하고 있다⁹⁾.

유기질비료는 질소 시비량을 기준으로 시비량을 결정하고 있으므로 관행 시비량보다 많은 양을 시비하게 된다^{2,6,7)}. 음식물류폐기물건조분말은 식물 발효 후 건조된 분말을 원료로 사용하기 때문에 염분 함량이 높은 특성이 있고, 이것을 포함하는 비료의 시비량이 증가할수록 토양에도 염분 농도가 증가하여 작물별 생리장애와 연작장애 등이 발생하므로, 이들을 고려하여 시비량을 결정하여야 한다. 따라서 본 연구는 음식물류폐기물건조분말의 유기질비료 원료로서 적합성과 그 혼합물의 시비 방안을 연구하기 위해 1) 음식물류폐기물건조분말 처리 후 작물 성장 변화, 2) 음식물류폐기물건조분말 혼합비율별 유기질비료의 작물 성장 특성, 3) 혼합유기질비료의 시비량별 성장 특성을 청경채(*Brassica rapa* L.)를 이용하여 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시 재료

본 연구는 2017년 9월부터 2018년 8월까지 12개월간 대전광역시 소재의 H사의 연구용 온실에서 수행하였다. 공시 비료의 유기질비료 원료는 혼합유기질(mixed organic fertilizer; MOF)와 음식물류폐기물건조분말(dried food waste powder; FWP)을 원료로 이용하였다(Table 1). 재배 시험에 사용된 공시작물은 청경

채(*B. rapa* L.)를 이용하였고, 농자재 판매상에서 청경채 종자(농우청경채, 농우씨앗, 서울, 한국)를 구매하여 사용하였다. 연구에 사용된 토양은 사양토였고, 조사된 토양화학성 결과들은 시설 재배 토양으로 비교할 때 농촌진흥청에서 제시하는 적정기준보다 다소 높은 결과를 보였으나 국내 시설 재배 토양의 약 50%가 기준을 초과한다¹²⁾는 점을 고려하여 공시 토양을 재배 시험에 이용하였다(Table 2).

2.2. 음식물류폐기물건조분말 및 유기질비료 혼합물 처리 후 작물 성장 특성

2.2.1. FWP 처리에 따른 청경채 재배

상토(원예용 상토)를 충전한 트레이에 청경채 종자를 2017년 9월 7일에 파종하여 약 5주간 유표를 관리하였다. 시험 작물의 정식 전 균일하게 배합된 공시 비료를 “비료의 시료채취 및 품질검사”에서 제시된 유기질비료의 시비 기준량을 고려하여 2,500 kg/ha 수준으로 전충시비하고¹³⁾, 15일이 경과 후 생장이 비슷한 유표를 선별하여 2017년 10월 11일 정식하였다. 처리구는 공시 유기질비료의 종류에 따라 유기질비

료를 처리하지 않은 무처리구(non-fertilizer; NF), MOF를 처리한 대조구(control), FWP1 처리구(2,500 kg/ha), FWP2 처리구(5,000 kg/ha), FWP3 처리구(10,000 kg/ha)로 설정하였다. 작물 재배는 10 cm 육묘용 포트를 사용하였으며, 각 처리구는 완전임의배치법으로 배치하였고, 처리구별 반복은 3반복으로 수행하였다. 관수는 매일 1~2회 실시하면서 온실(대기온도 15~33°C, 상대습도 50~65%)에서 수행하였으며, 시험 기간 중 병충해는 발생하지 않았다. 작물의 성장 조사는 작물의 생육 상태를 판단하여 작물 정식 후 4주가 경과한 11월 8일에 실시하였다.

2.2.2. FWP 및 MOF 혼합물 종류에 따른 청경채 재배

상토를 포설한 트레이에 청경채를 2017년 10월 26일에 파종하여 약 5주간 유표를 관리하였다. 작물 정식 15일 전에 공시 비료를 2,500 kg/ha 수준으로 전충시비하고 15일이 경과한 후 생육 상태가 비슷한 유표를 선별하여 2017년 12월 1일에 정식하였다. 처리구는 무처리구(non fertilizer; NF), 혼합유기질을 처리한 대조구(control), FWP10 처리구(MOF90%+FWP10%), FWP20

Table 1. The Properties of Organic Fertilizers or Raw Material

Fertilizers or Material ¹⁾	WC	OM	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Sum of N, P ₂ O ₅ and K ₂ O
	(%)					
MOF	13.2	76.2	4.5	2.4	1.2	8.1
FWP	13.7	72.9	4.4	2.5	1.2	8.1
FWP10	13.2	75.9	4.5	2.4	1.2	8.1
FWP20	13.3	75.5	4.4	2.4	1.2	8.0
FWP30	13.3	75.2	4.4	2.4	1.2	8.0
Guideline ²⁾	-	60 over				7.0 over

¹⁾MOF and FWP represent mixed organic fertilizer and dried food waste powder, respectively. FWP10, FWP20 and FWP30 was the mixture MOF and FWP (FWP10: MOF 90%+FWP 10%, FWP20: MOF 80%+FWP 20%, FWP30: MOF 70%+FWP 30%).

²⁾Guideline qualified organic fertilizer from RDA represent that of mixed organic fertilizer.

WC and OM represent water content and organic matter, respectively.

Table 2. Soil Chemical Properties Used in This Experiment

Item	pH	EC	T-N	OM	Av -P ₂ O ₅	Exchangeable cation				CEC
						K	Ca	Mg	Na	
	(1:5)	(ds/m)	(g/kg)	(mg/kg)	(cmol/kg)					
Value	6.9	0.85	3.1	58.1	491	0.9	10.3	4.3	0.8	17.4
Optimum range	6.0~7.0	-	-	25~30	350~500	0.7~0.8	5.0~7.0	1.5~2.5	-	10~15

(MOF80%+FWP20%) 처리구 및 FWP30 (MOF70%+FWP30%) 처리구로 구분하였다. 작물 재배는 10 cm 육묘용 포트를 사용하였고, 각 처리구는 완전임의배치법으로 배치하였으며, 처리구별 반복은 3반복으로 수행하였다. 작물의 성장 조사는 작물의 생육 상태를 판단하여 작물 정식 후 50일이 경과한 2018년 1월 19일에 실시하였다.

2.2.3. FWP 및 MOF 혼합물 처리량에 따른 청경채 재배

상토를 포설한 트레이에 청경채를 2018년 6월 11일에 파종하여 약 5주간 육묘를 관리하였다. 작물 정식 15일 전에 공시 비료(FWP10)를 2,500 kg/ha 수준으로 전층 시비하고 15일이 경과한 후 생육 상태가 비슷한 육묘를 선별하여 2018년 7월 16일에 정식하였다. 처리구는 무처리구(non fertilizer; NF), 대조구(화학비료처리구; control; N-P₂O₅-K₂O=10.2:4.9:8.7), FWP10 추천량 처리구(FWP10; 2,500 kg/ha), FWP10 배량 처리구(2FWP10; 5,000 kg/ha), FWP10 3배량 처리구(3FWP10; 7,500 kg/ha) 및 FWP10 배량 처리구(4FWP10; 10,000 kg/ha)로 구분하였다. 대조구의 경우 농촌진흥청에서 발간한 작물별 비료사용처방기준에서 청경채에 대한 표준시비량을 찾을 수 없어 생육 시기가 유사한 상추의 표준시비량으로 적용하였다¹⁴). 작물 재배는 10 cm 육묘용 포트를 사용하였고, 각 처리구는 완전임의배치법으로 배치하였으며, 처리구별 반복은 3반복으로 수행하였다. 작물의 성장 조사는 작물의 생육 상태를 판단하여 작물 정식 후 28일이 경과한 2018년 8월 13일에 실시하였다.

2.2.4. 토양 분석 및 작물 생육 조사

시험 종료 후 처리구별 토양 분석은 시험 전과 종료 후에 수행되었고, 채취된 시료를 음지에서 풍건한 후 2 mm체를 통과시킨 후 이용하였다. 분석항목은 pH, 전기전도도(EC, electrical conductivity), 유기물(OM, organic matter), 전질소(T-N, total nitrogen), 유효인산(Av-P₂O₅, available phosphate), 치환성 칼륨(K, exchangeable potassium), 양이온치환용량(CEC, cation exchangeable capacity) 등이었고, 토양화학분석법에 준하여 분석하였다⁵). pH와 EC는 1:5법으로, OM은 Tyurin법으로, T-N은 Kjeldahl 증류법으로, Av-P₂O₅는 Bray No.1법으로, 치환성 칼륨

과 CEC는 1N-NH₄OAc 침출법으로 각각 분석하였다.

작물별 생육 조사 내용은 엽록소, 엽수, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중 등을 조사하였다. 엽록소는 엽록소 측정기(SPAD-502, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 엽수는 작물의 총 엽수를, 엽장과 엽폭은 최장 엽의 횡경과 종경 길이를, 생물중과 건물중은 개체별 총 무게를 측정하였다.

2.3. 통계분석

유기성 자원과 혼합유기질비료 혼합물의 성분 분석 결과 및 작물 생육 조사 결과는 SPSS (ver 25, IBM)를 이용하여 던컨다중검정을 통해 처리구별 평균값을, Excel (MS-Office 2016, Microsoft Co.)을 이용하여 상관관계를 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. FWP 처리 후 청경채의 성장

FWP 처리에 따른 청경채 재배 후 토양화학성 분석 결과, pH, EC, T-N, OM 및 치환성 칼륨 등은 각각 pH 6.8~7.3, 0.78~1.2 dS/m, 3.3~3.5 g/kg, 57.3~65.2 g/kg, 0.9~1.1 cmol/kg의 범위를 나타내었고, 처리구간 평균 비교 시 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다(자료는 제시하지 않음.). FWP의 처리 후 청경채의 생육 특성은 FWP의 처리에 의한 성장을 조사하였다(Table 3). 무처리구(NF), 대조구(Control)와 FWP 처리구간 청경채의 성장을 비교한 결과 FWP 처리구에서 청경채의 성장과 생산량이 감소하였다. Kim et al. (2019)은 FWP 처리 시 엽채류 작물인 상추(*Lactuca sativa* L.)와 배추(*Brassica campestris* subsp.)의 생육이 감소한다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었고, 이러한 원인은 FWP가 함유된 염분(NaCl) 때문으로 추정된다¹⁰). 따라서 FWP의 공급에 따른 청경채의 성장 감소 원인을 평가하기 위해 FWP를 통한 NaCl 공급량과 청경채의 엽수, 엽장, 엽폭, 건물중 등의 상관관계에서 부의 상관성($P < 0.05$)를 나타내었다.

엽채류 재배 시 염분의 처리 농도가 증가할 때 생육과 생산량이 감소되고^{9,12}), 다량의 염분을 함유하는 음식물류폐기물을 작물에 처리하는 경우 작물의 발아, 발

근 및 생육이 불량해진다고 알려져 있다¹⁶⁾. 따라서 FWP를 단독으로 유기질비료로 사용하는 것은 어려우며, 다른 유기질비료의 원료들과 혼합하여 사용할 수 있다⁹⁾. 현재 FWP는 비료공정규격에서 염분의 농도는 2%(건물중 기준)을 초과하지 않는 범위에서 혼합유기질비료의 원료로 최대 30%까지 사용하도록 하고 있으나 ‘친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률’에 따르면 FWP는 유기농업에서 허용 가능 물질이 아니므로 유기농업자재로는 사용할 수 없다.

3.2. MOF와 FWP 혼합물의 청경채 성장

MOF와 FWP 혼합물의 종류별 처리에 따른 청경채

의 재배 시험 종료 후 토양 분석 결과는 상추에서 pH, EC, T-N, OM, 치환성 칼륨 등은 각각 pH 6.7~7.1, 0.78~0.87 dS/m, 2.9~3.5 g/kg, 59.1~64.4 g/kg, 0.8~1.0 cmol/kg의 범위를 나타내었고 처리구간 평균 비교 결과 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다(자료는 제시하지 않음). MOF와 FWP 혼합물 처리 후 청경채의 성장을 조사하였다(Table 4). NF와 비교할 때, 엽수는 대조구와 FWP30 처리구에서 각각 11.7%와 16.7%씩 증대되었고, 엽장은 FWP30 처리구에서 10.5% 증가하였으며, 엽폭은 FWP10 처리구에서 16.9% 증대되었다. 생물중은 대조구와 FWP10, FWP20, FWP30 처리구에서 각각 34.0%, 43.4%, 32.2% 및 29.5% 씩 NF 처

Table 3. The Growth of Pakchoi after Treating Dried Food Waste Powder (FWP)

Treatments ¹⁾	Chlorophyll (mg/100cm ²)	No of leaves (ea/plant)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
NF	3.72c ²⁾	15.2b	12.5bc	6.1b	22.7b	2.47b
Control	4.58a	19.8a	16.0a	7.9a	60.1a	3.95a
FWP1	3.89bc	12.5bc	11.5bc	5.3bc	15.3b	1.58c
FWP2	4.12b	12.7bc	10.7bc	4.9c	14.5b	1.39bc
FWP3	4.07b	11.5c	12.1c	5.6bc	16.0b	1.22d
Correlation ³⁾	-0.046 ^{ns}	-0.687 ^{**}	-0.525 [*]	-0.545 [*]	-0.414 ^{ns}	-0.532 [*]

¹⁾Treatments were as follows. NF: non-fertilizer; Control: MOF (mixed organic fertilizer); FWP1: FWP 2,500 kg/ha; FWP2: FWP 5,000 kg/ha; FWP3: FWP 10,000 kg/ha. These organic fertilizers were applied before 15 days planting pakchoi seedlings.

²⁾Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$ level.

³⁾Correlation coefficient between supply of NaCl from FWP and each growth factor such as chlorophyll content, leaves number, leaf width, leaf length, fresh weight and dry weight (n=11).

* and ** represent significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient, and ns not significant.

Table 4. The Growth of Pakchoi after Applying Mixture of Mixed Organic Fertilizer (MOF) and Dried Food Waste Powder (FWP)

Treatments ¹⁾	Chlorophyll (mg/100cm ²)	No of leaves (ea/plant)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
NF	4.80a ²⁾	20.0c	13.1b	7.4b	39.1b	3.20b
Control	4.46a	22.3ab	13.3ab	7.7b	52.4a	3.89a
FWP10	5.11a	21.3bc	13.8ab	8.7a	56.0a	3.85a
FWP20	4.72a	21.2bc	13.6ab	8.1ab	51.6a	3.52ab
FWP30	4.35a	23.3a	14.4a	7.9b	50.6a	3.63ab
Correlation ³⁾	0.013 ^{ns}	0.449 ^{ns}	0.667 ^{**}	0.441 ^{ns}	0.484 ^{ns}	0.163 ^{ns}

¹⁾Treatments were as follows. NF: non-fertilizer; Control: MOF; FWP10: MOF 90% + FWP 10%; FWP20: MOF 80% + FWP 20%; FWP30: MOF 70% + FWP 30%. These composting organic fertilizers were applied 2,500 kg/ha before 15 days planting pakchoi seedlings.

²⁾Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$ level.

³⁾Correlation coefficient between supplying content of NaCl and each growth factor such as chlorophyll content, leaves number, leaf width, leaf length, fresh weight and dry weight (n=11).

* and ** represent significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient, and ns not significant.

리구보다 증가하였고, 건물중은 대조구와 FWP10 처리구에서 각각 21.6%와 20.4% 씩 증가하였다. 대조구와 비교할 때, FWP10 처리구에서 엽폭이 증가하였으나 다른 생장 지수는 대조구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 FWP의 처리가 청경채의 생장 감소에 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

FWP와 MOF 혼합물 중 함유된 염분 함량과 청경채의 생장 지수 간 상관관계 조사에서 엽장에서만 정의 상관관계($P<0.01$)를 나타냈으나 다른 항목에서는 유의적인 차이를 나타내지 않아 FWP의 혼합량에 따른 유기질비료의 처리가 청경채의 생장에 미치는 영향은 미미하였다. 이는 본 연구에 사용한 공시 비료가 비료공정규격에 제시된 대로 FWP가 20~30% 정도 유기질비료(혼합유기질)에 혼합된 경우 염분 함량은 1% 미만을 나타내어 비료공정규격에 적합하였고, 작물 생육에 필요한 양분(질소, 인산, 칼리)도 기존의 혼합유기질 비료와 유사한 생육 특성을 나타내었기 때문으로 판단된다^{9,10}. 그러나 Kim et al. (2019)은 FWP와 MOF 혼합한 유기질비료에서 FWP의 혼합량에 따른 유기질비료의 작물별 생육을 조사하였을 때, 상추와 배추에서 각각 30%와 10% 이상의 FWP가 함유된 유기질비료 처리구의 생육이 감소하여 작물별 FWP의 처리량은 다르다고 보고하였다¹⁰. 따라서 FWP 중에 함유된 염분에 대한 작물의 생육 반응 정도는 작물의 종류에 따라 최적 생육과 생산량을 나타내는 시

비량과 시비 방법에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다. 이외에도 FWP는 유기질비료에 사용가능한 유기물원의 종류에 따라 작물의 생육 정도가 차이를 나타내기 때문에 FWP를 유기질비료의 원료로 사용하고 활용을 위한 더 많은 연구가 필요한 것으로 생각된다.

3.3. FWP 및 MOF 혼합물 처리량에 따른 청경채 재배

MOF와 FWP 혼합물 중에서 혼합유기질(MOF)과 유사한 생장 특성을 나타내는 FWP10을 선별하여(Table 4) 혼합물 시비량별 청경채의 생장을 평가하였다. 시험 종료 후 토양 분석 결과는 pH, EC, T-N, OM, 치환성 칼륨 등은 각각 pH 6.8~7.1, 0.76~0.92 dS/m, 3.0~3.6 g/kg, 58.7~65.1 g/kg, 0.9~1.1 cmol_e/kg의 범위를 나타내었고 처리구간 평균 비교 결과 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다(자료는 제시하지 않음). FWP10의 시비량별 청경채의 생육 특성을 조사하였다(Table 5). 무처리구와 비교할 때, 엽수, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중은 FWP10 처리구들(FWP10, 2FWP10, 3FWP10, 4FWP10)에서 증가하였다. 대조구와 비교에서 엽수, 생물중 및 건물중은 FWP10 처리구에서 증가하였고, 2FWP10과 3FWP10 처리구에서는 엽수, 엽장, 생물중 및 건물중에서 대조구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 4FWP10 처리구에서는 엽장,

Table 5. The Effect of Application Amount of FWP10 on Growth of Pakchoi

Treatments ¹⁾	Chlorophyll (mg/100cm ²)	No of leaves (ea/plant)	Leaf length (cm)	Leaf width	Fresh weight (g/plant)	Dry weight
NF	3.8a ²⁾	11.5c	15.3c	5.7d	14.8e	1.19d
Control	3.6a	16.7b	22.4a	9.4a	46.7bc	2.70b
FWP10	3.1a	21.8a	23.8a	9.5a	65.5a	3.44a
2FWP10	3.5a	20.5ab	22.4a	8.5b	52.4b	2.96b
3FWP10	3.3a	19.3ab	21.9a	8.2bc	43.7c	2.80b
4FWP10	3.8a	18.0ab	18.5b	7.3c	28.4d	1.96c
Correlation ³⁾	0.178 ^{ns}	0.014 ^{ns}	-0.617 [*]	-0.839 ^{**}	-0.650 ^{**}	-0.599 [*]

¹⁾Treatments were as follows. NF: non-fertilizer; Control: chemical fertilizer treatment (N-P₂O₅-K₂O=10.2-4.9-8.7), FWP10: (2,500 kg/ha), 2FWP10: (5,000 kg/ha), 3FWP10: (7,500 kg/ha), 4FWP10: (10,000 kg/ha). These composting organic fertilizers were applied before 15 days planting pakchoi seedlings.

²⁾Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$ level.

³⁾Correlation coefficient between supplying content of NaCl and each growth factor such as chlorophyll content, leaves number, leaf width, leaf length, fresh weight and dry weight (n=14).

* and ** represent significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient, ns represent not significant.

엽폭, 생물중 및 건물중에서 대조구보다 감소하였다.

FWP10의 시비량과 청경채의 성장 특성을 비교할 경우 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중은 시비량의 증가에 따라 부의 상관성($P < 0.05$)을 나타내었다(Table 5). 이는 FWP10의 시비량이 증가할 때 토양에 공급되는 염분 공급량이 증가하기 때문으로 추정되나 과량의 유기질비료가 공급되는 경우 유기질비료 분해 과정에서 과량의 암모니아가 발생하여 피해를 주는 경우도 있기 때문에 명확한 원인을 파악할 수 없었다.

Kim et al.²⁾에서 유기질비료의 질소 시비량별 마늘 (*Allium sativum*)의 생육 조사에서 표준시비량과 같은 시비량에서 화학비료 처리구와 유사한 생육 특성을 나타낸다고 보고하였고, 질소 시비량이 표준시비량에서 50% 증대되더라도 생육의 감소에 미치는 효과는 미미하다고 보고하였다²⁾. 또한 Kim⁹⁾은 유기질비료를 처리하였을 때 유기질비료의 질소 처리량은 작물의 생육과 생산량에 정의 상관성을 나타내지만, 염분 처리량은 부의 상관성을 나타낸다고 보고하여 유기질비료에서 생산성 감소의 원인으로 염분이 영향을 미친다고 보고하였다⁹⁾. 이들의 결과는 본 연구에서도 FWP의 처리량에 따른 청경채의 성장 조사에서 FWP의 시비에 의해 생산량의 감소를 확인할 수 있었고(Table 3), Kim et al.⁷⁾의 결과에서도 FWP의 처리량에 따라 상추와 배추의 생육과 생산량이 감소하는 것은 유기질비료 중 염분의 처리량이 증가하였기 때문이라고 보고하였다. 선행 연구들과 본 연구의 결과들을 이용해 생각해 볼 때 FWP10의 시비량 증가에 따라 청경채의 생육이 감소하는 것은 FWP10의 처리에 의해 염분의 공급량이 증가하였기 때문으로 판단된다¹⁷⁾. 이는 추후 FWP를 함유하는 비료를 연작에 이용하는 경우 토양 중 염분 함량 증가의 원인이 될 수 있으므로 추가적인 모니터링과 작물별 생육 반응에 관한 연구가 필요한 것으로 판단된다. 본 연구 결과를 통해 청경채에서 염분에 의한 생육 억제가 나타나는 범위는 63 kg/ha 정도이며, 이를 유기질비료의 1회 처리 시 비료 중 염분 함량으로 환산할 때 약 2.5% 정도로 현재 비료공정규격에서 혼합유기질의 기준(2.0%) 이상을 나타내므로 혼합유기질 기준 이하로 시비하는 것은 가능할 것으로 판단되었다.

4. 결론

본 연구는 음식물류폐기물건조분말(FWP)과 이를 혼합한 혼합유기질비료(MOF)를 토양에 투입하여 청경채를 재배한 후 성장 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. FWP의 처리량별 청경채 재배 시험에서 토양의 이화학적 특성의 변화는 나타나지 않았으나, FWP 처리구들은 혼합유기질비료보다 생장이 감소하였고, FWP 처리량의 증가에 따라 토양 중 염분 공급량이 증가하여 청경채의 생장이 감소하는 경향을 나타내었다.
2. FWP와 MOF 혼합물(FWP10, FWP20, FWP30) 중 FWP의 혼합비율에 따른 청경채의 재배 시험결과 처리구간 토양의 이화학적 특성 차이를 확인할 수 없었고, 청경채의 생장은 혼합유기질비료의 생장과 차이를 나타내지 않았다.
3. FWP와 MOF 혼합물 처리구 중 대조구(MOF 처리구)와 가장 유사한 성장 특성을 나타낸 처리구는 FWP10으로 조사되었다.
4. MOF와 가장 유사한 청경채의 성장 특성을 나타내는 FWP와 MOF 혼합물(FWP10)의 처리는 토양의 이화학성의 변화에 영향을 미치지 않았고, FWP10 시비량별 청경채의 생육 특성 비교시 FWP10의 추천량, 배량, 3배량 처리구에서 화학비료 처리구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.
5. FWP10 처리량과 청경채의 성장 지수간 상관관계를 비교한 결과, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중에서 부의 상관성을 나타내었고, 이는 FWP10의 시비량 증가는 토양 중 염분 농도 증가로 작물의 생산량 감소에 영향을 미쳤다.

음식물류폐기물건조분말의 유기질비료로서의 활용은 유기성 부산물의 재활용과 더불어 유기질비료 원료의 국산화와 밀접한 관계가 있으므로 매우 중요하다. 하지만 다량의 염분을 함유하고 있기 때문에 실제 포장에서의 적용, 재배지 토양비옥도 특성 및 시설 내 연작 재배에 관한 다양한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업의 지원을 받아 연구되었으며(과제번호 319114-03), 지원에 감사드립니다.

References

- Kim, M. S., Kim, S. C., Yun, S. G., Park, S. J. and Lee, C. H., "Quality characteristics commercial organic fertilizers circulated", *J. of KORRA*, 26(1), pp. 21~28. (2018).
- Kim, S. H., Hwang, H. Y., Seo, H. B., Rim, J. E., Park, S. J., Lee, Y. H. and Kim, M. S., "Response of yield and nitrogen use efficiency for garlic on different types and rates of organic fertilizer", *J. of KORRA*, 27(4), pp. 35~42. (2019).
- Joa, J. H., Moon, K. H., Kim, S. C., Moon, D. G. and Koh, S. W., "Effect of temperature condition on nitrogen mineralization of organic matter and soil microbial community structure in non-volcanic ash soil", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 45(3), pp. 377~384. (2012).
- Yun, H. B., Kaown, D. I., Lee, J. S., Lee, Y. J., Kim, M. S., Song, Y. S. and Lee, Y. B., "The nitrogen, phosphate, and potassium contents in organic fertilizer", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 44(3), pp. 498~501. (2011).
- An, N. H., Lee, S. M., Cho, J. R. and Lee, C. R., "Estimation of agricultural by-products and investigation on nutrient contents for alternatives of imported oil-cakes", *J. of KORRA*, 27(4), pp. 71~81. (2019).
- Kim, Y. S., Lee, T. S., Cho, S. H., Jeong, J. Y., An, J. Y., Lee, J. J., Han, K. P. and Hong, J. H., "Growth effect of mixed organic fertilizer blending poultry manure compost in leaf vegetables", *J. of KORRA*, 25(3), pp. 45~54. (2017).
- Kim, Y. S., Kim, D. H. and Lee, G. J., "Physicochemical properties of a mixture of dried food waste powder with organic fertilizer and effects on the growth of major leafy vegetable", *J. of KORRA*, 27(4), pp. 5~13. (2019).
- Jang, J. E., Lim, G. J., Lee, J. G., Yoon, S. H., Hong, S. E., Shin, K. H., Kang, C. S. and Hong, S. S., "Application effects of organic fertilizer utilizing livestock horn meal as domestic organic resource on the growth and crop yields", *J. of KORRA*, 27(2), pp. 19~30. (2019).
- Kim, Y. S., "Physicochemical properties of mixtures with mixed organic fertilizer and various organic sources and their influences on growth of two leaf vegetables", *J. of KORRA*, 29(1), pp. 45~57. (2021).
- Kim, Y. S., Kim, D. H. and Lee, G. J., "Physicochemical properties of a mixture of dried food waste powder with organic fertilizer and effects on the growth of major leafy vegetable", *J. of KORRA*, 27(4), pp. 5~13. (2019).
- Kim, Y. S., Lee, T. S., An, J. Y., Song, H. Y., Chung, Y. B. and Cho, S. H., "Characteristics of composting of castor oil cake mixed with waste from Kimchi factory and its influence on lettuce growth", *J. of KORRA*, 25(2), pp. 49~57. (2017).
- Yang, J. E., Chung, J. B., Kim, J. E. and Lee, K. S., "Ag-Environmental Science", CIR, pp. 71~75. (2008).
- National Institute of Agricultural Sciences (NIAST), "The methods of analysis and sampling for fertilizer", RDA. (1998).
- National Institute of Agricultural Sciences (NIAST), "Methods of soil chemical analysis", RDA, pp. 26~124. (1998).
- Rural Development Administration (RDA), Nongsaro, <https://www.nongsaro.go.kr/portal/portalMain.ps> (Accession date; July 14, 2021)
- Phae, C. G., Chu, Y. S. and Park, J. S., "Investigation of affect on composting process and plant growth of salt concentration in food waste", *J. of KOWREC*, 10(4), pp. 103~111. (2002).

17. Yang, J. S., Lee, I. B., Kim, K. D., Cho, K. R. and Lee, S. E., "Effect of sodium chloride containing composts on growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and chemical properties of salt accumulated plastic film house soils", Kor. J. Soil Sci. Fert., 31(3), pp. 277~284. (1998).