

유기성 자원과 혼합유기질비료 혼합물의 특성 및 처리 후 엽채류의 생육 효과

김영선^{a,b†}

Physicochemical Properties of Mixtures with Mixed Organic Fertilizer and Various Organic Sources and Their Influences on Growth of Two Leaf Vegetables

Young-Sun Kim^{a,b†}

(Received: Dec. 22, 2020 / Revised: Mar. 16, 2021 / Accepted: Mar. 16, 2021)

ABSTRACT: This study was conducted to evaluate the properties of mixtures of mixed organic fertilizer (MOF) and various organic sources such as livestock manure compost (LMC), dried compost of poultry manure (CPM), dried food waste powder (FWP) and amino acid by-product fertilizer (ABF) and their influences on growth of lettuce and Chinese cabbage. The content of N, P₂O₅ and K₂O of mixture of MOF, LMC and FWP (MLF) was 3.6~3.9%, 2.1~2.2% and 1.3~1.4%, respectively. Lettuce dry weight of MLF3 treatment blending with MOF (60%), LMC (10%) and FWP (30%) was increased by about 29% than that of MOF. The content of N, P₂O₅ and K₂O of mixture of MOF, CPM, FWP and ABF (MCFA) was 4.5~4.7%, 1.7~1.9% and 1.3~1.4%, respectively. Compared to MOF, growth factors of lettuce and Chinese cabbage in the MCFA treatments were not significantly different. These results indicated that MLFs and MCFAs, the mixtures of respectively organic sources and MOF, could be applied as organic fertilizer in the cultivation of lettuce and Chinese cabbage, and were expected that LMC and ABF might be used as another sources of organic fertilizer.

Keywords: Amino acid by-product fertilizer (ABF), Dried compost of poultry fertilizer (CPM), Dried food waste powder (FWP), Livestock manure compost (LMC), Sources of organic fertilizer

초록: 본 연구는 유기성 자원 중 가축분퇴비(LMC), 가공계분(CPM), 음식물류폐기물건조분말(FWP) 및 아미노산발효부산물(ABF) 등과 혼합유기질비료(MOF)의 혼합물의 이화학적 특성의 변화와 작물에 대한 생육을 조사하였다. LMC, FWP 및 MOF의 혼합물(MLF)의 질소, 인산 및 칼륨의 함량은 각각 3.6~3.9%, 2.1~2.2% 및 1.3~1.4%의 범위를 나타내었다. MLF3 처리구(60% MOF + 10% LMC + 30% FWP)는 대조구(MOF)보다 약 29% 상추의 건물중이 증가하였다. CPM, FWP, ABF 및 MOF의 혼합물인 MCFA의 질소, 인산, 칼륨의 함량은 각각 4.5~4.7%, 1.7~1.9% 및 1.3~1.4%의 범위를 나타내었다. MCFA를 상추와 배추에 처리하였을 경우 MOF와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 유기성 자원과 혼합유기질비료의 혼합물인 MLFs와 MCFAs의 시비는 상추와 배추 재배에서 혼합유기질비료(MOF)와 유사한 작물생육특성을 나타내어 LMC와 ABF는 유기질비료의 원료로 가능성을 나타내었다.

주제어: 아미노산발효부산물(ABF), 가공계분(CPM), 음식물류폐기물건조분말(FWP), 가축분퇴비(LMC), 유기질비료 원료

^a 대구대학교 원예학과 조교수(Assistant Professor, Division of Life and Environmental Science, College of Natural and Life Sciences, Daegu University)

^b 대구대학교 자연과학연구소 연구원(Researcher, Institute of Natural Sciences, Daegu University)

† Corresponding author(e-mail: im0sunkim@daegu.ac.kr)

1. 서론

삶의 질이 향상되면서 환경을 보전하면서 고품질의 농산물을 생산하는 친환경농산물의 소비가 증가하고 있다¹⁾. 친환경농산물은 노지재배나 시설재배 등으로 작물의 종류와 특성에 따라 이뤄지고 있으며, 생산성의 향상을 위해 유기질비료를 주로 이용하고 있다²⁾. 유기질비료는 천연 부산물을 이용하여 제조하는 비료로서 다량의 무기양분을 함유하고 있을 뿐 아니라 토양의 물리성과 화학성을 개선할 수 있다³⁾.

유기질비료를 이용하여 엽채류를 재배하는 경우 작물의 생육이 증가하였고⁴⁾, 토양 중 유기물 함량의 증가는 토양 중 미생물의 활성을 증대시킨다⁵⁾. 유기질비료가 식물에 양분을 공급하기 위해서는 시비 후 발효 과정을 거쳐야 하므로 미생물을 처리하는 경우 유기질비료는 토양 중 유효화가 촉진되어 작물의 양분 흡수가 용이하게 되어 생육과 생산량이 개선된다⁴⁾. 채소 재배에서 주로 사용하던 유기질비료는 현재 사료작물⁶⁾, 특용작물⁷⁾, 조경식물⁸⁾ 등 다양하게 사용되고 있으며 식물의 재배 시 유기질비료의 사용이 증가하게 되면서 작물 생육과 토양 환경을 고려한 유기질비료의 작물별 적정시비량 설정이 요구되고 있다⁹⁾.

유기 농업 실천 농가에서 주로 사용하는 유기질비료는 단일원료에 의해 제조된 유기질비료가 아닌 2종 이상의 원료가 혼합된 혼합유박, 혼합유기질비료 및 유기복합비료 등을 사용하고 있다¹⁰⁾. 유기질비료는 아주까리유박, 대두유박, 채종유박 및 미강과 같은 식물성 유기물 원료와 골분, 어분, 혈분 등 동물성 유기물 원료를 적절하게 혼합하여 제조하고 있으며, 이들 유기물 원료 중에서 미강과 일부 원료들을 제외한 다른 원료들은 전량 수입에 의존하고 있다¹⁰⁾. 유기질비료의 수입은 값이 저렴하고, 품질이 일정하며, 원료의 안정적인 공급이 가능하다는 장점이 있으나 농업에서 국내 자원순환의 관점을 고려할 경우 양분수지의 적자가 발생한다는 단점도 있다. 국내에서 생산되는 유기부산물 등을 비료원으로 사용할 경우 유기질비료의 원료를 국산화하고, 자원순환 농업의 양분수지 균형을 이룰 수 있다¹⁰⁾.

유기질비료에 사용되는 유기질비료의 원료를 국산화하기 위해 가공계분¹¹⁾이나 음식물류폐기물건조분말¹²⁾ 및 우각¹³⁾ 등과 같은 유기부산물을 이용하고자 하는 연구가 진행된 바 있다. 현재 국내에서 생산되는 유기부산물을 활용하는 경우 국내 수입되는 아주까리유박을 전량 대체할 수 있다는 보고가 있으나 이들을 유기질비료의 원료로 이용하기 위해서는 균일한 특성을 나타내도록 가공과 운송이 필요할 뿐 아니라 비료로 사용하기 위해서는 비료공정규격 설정 등이 필요하다¹⁰⁾. 그러나 비료공정규격에서는 유기질비료로 사용할 수 있는 원료 외에도 유기물을 다량 함유하는 부산물들이 있다. 대표적인 것이 바로 가축분뇨나 유기성 자원을 퇴비화하여 생산하는 부숙유기질비료¹⁴⁾와 조미료 생산과정에서 생산되는 아미노산발효부산액이다¹⁵⁾.

퇴비는 비료공정규격에서 부산물비료 중 부숙유기질비료로 분류하고 있고, 수분 함량이 높고, 식물 영양분을 많이 함유하고 있으며, 토양 개량 효과도 우수하다¹⁶⁾. 아미노산발효부산액은 다양한 식물영양원 및 아미노산 등을 함유하고 있어 식물에 처리 시 생육과 품질을 개선하는 효과가 있다¹⁷⁾. 또한 다양한 유기물 원료를 발효하여 제조한 비료로서 시비 후에도 토양 환경에 안전하고, 작물 생육에 우수한 특성을 나타낸다¹⁴⁾. 퇴비의 성분 함량비는 가공계분이나 음식물류폐기물건조분말 등과 유사한 성분비를 갖고 있어 수분을 제거하는 경우 유기질비료의 주원료인 아주까리유박을 대신하여 유기성 원료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다^{13,14)}.

따라서 본 연구는 혼합유기질비료의 원료로 사용 가능한 가공계분과 음식물류폐기물건조분말과 유기물 함량이 높으나 유기질비료의 원료로 사용할 수 없는 가축분퇴비와 아미노산발효부산액과 같이 국내에서 발생하는 유기성 자원을 유기질비료와 혼합한 유기질비료 혼합물의 이화학적 특성 변화와 작물에 대한 생육을 조사하여 국내에서 발생하는 유기성 자원이 유기질비료의 원료로서 사용이 가능한지 여부를 평가하기 위해 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 연구는 2018년 5월부터 7월까지 3개월간 대전광역시 소재의 H사의 연구용 온실에서 수행하였다. 공시비료의 유기질비료 원료는 유기질비료(mixed organic fertilizer; MOF), 가축분퇴비(livestock manure compost; LMC), 음식물류폐기물건조분말(dried food waste powder; FWP), 가공계분(dried compost of poultry manure; CPM) 및 아미노산발효부산물(amino acid by-product fertilizer; ABF)을 원료로 이용하였다(Table 1). 공시 비료 재료 중 FWP와 CPM은 비료공정규격 상 유기질비료 중 혼합유기질비료의 원료로 사용가능한 재료이나 LMC와 ABF는 비료공정규격 상 부속유기질비료로서 유기질비료의 원료로 사용이 불가능한 재료이다. 재배 시험에 사용된 공시작물은 상추(*Lactuca sativa*)와 배추(*Brassica campestris*)를 이용하였고, 농자재 판매상에서 종자[상추(백일청치마, 팜한농, 서울, 한국), 배추(삼락얼갈이, 팜한농, 서울, 한국)]를 구매하여 사용하였다. 연구에 사용된 토양은 사양토였고, 조사된 토양화학성 결과들은 상추 및 배추를 재배하는 시설재배토양으로 비교할 때 농촌진흥청에서 제시하는 적정기준보다 다소 높은 결과를 보였

으나 국내 시설재배토양의 약 50%가 기준을 초과한다¹⁸⁾는 점을 고려할 때 재배시험을 수행하기에 적합하였다(Table 2).

2.2. 유기성 자원과 유기질비료 혼합물 제조 및 특성

2.2.1. MOF, LMC 및 FWP 혼합물의 제조

가축분퇴비, 음식물류폐기물건조분말 및 혼합유기질비료 혼합물(mixture of MOF, LMC and FWP; MLF)은 각 원료의 혼합 비율에 따라 MLF1 (MOF 60% + LMC 30% + FWP 10%), MLF2 (MOF 60% + LMC 20% + FWP 20%) 및 MLF 3 (MOF 60% + LMC 10% + FWP 30%) 등으로 구분하였다. 비료공정규격에서 FWP는 최대 30%까지 사용이 가능하여 최대 비율을 정하였고, LMC의 처리 후 FWP의 비율에 따른 혼합물의 성분 함량 변화 및 작물생육을 평가하기 위해 유기질비료 혼합물은 각 원료별 무게를 칭량하여 혼합한 후 분쇄기(SHMF-3000S, 한일, 서울, 한국)를 이용해 균일하게 혼합하였다.

2.2.2. MOF, CPM, FWP 및 ABF 혼합물의 제조

가공계분, 음식물류폐기물건조분말, 아미노산발효부산물 및 혼합유기질비료의 혼합물(mixture of MOF,

Table 1. The Properties of Organic Fertilizers Composting Poultry

Fertilizers or Materials ¹⁾	W.C.	O.M.	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
LMC	43.2	44.5	1.5	0.8	1.1	3.4
CPM	19.5	57.1	4.1	1.9	1.9	7.9
FWP	13.6	72.2	3.9	1.7	1.1	6.7
ABF	44.9	41.8	5.4	0.1	2.8	8.3

¹⁾ MOF, LMC, CPM, FWP and ABF represent mixed organic fertilizer, livestock manure compost, composting poultry manure, dried food waste powder and amino acid by-product fertilizer, respectively. Organic fertilizers using for experiment 1 was blended as follows.

Table 2. Soil Chemical Properties Used in This Experiment

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)				
6.9	0.85	3.1	58.1	491	0.9	10.3	4.3	0.8	17.4

CPM, FWP and ABF; MCFA)은 각 원료의 혼합 비율에 따라 MCFA1 (MOF 45% + CPM 30% + FWP 15% + ABF 10%), MCFA2 (MOF 35% + CPM 40% + FWP 15% + ABF 10%) 및 MCFA3 (MOF 25% + CPM 50% + FWP 15% + ABF 10%) 등으로 구분하였다. FWP는 비료공정규격 상 최대 30%가 사용 가능하나 혼합유기질비료의 원료로 이용하는 경우 약 10~20% 정도의 범위가 적절하다는 선행연구결과를 고려하여 FWP는 15%로 결정하였다¹²⁾. CPM은 혼합유기질비료의 원료로 사용이 가능하나 30% 이내로 시험이 되었으므로¹¹⁾ 30% 이상의 범위에서의 이화학적 특성 및 생육 특성에 대한 변화를 조사하기 위해 본 연구에서는 CPM을 30%, 40%, 50% 씩 혼합하였다. 선행연구¹¹⁾와는 달리 본 연구에서는 CPM이 MOF보다 질소 함량이 낮아 혼합 비율이 증가할수록 질소 함량이 감소할 수 있으므로 이를 보완하기 위해 10%의 ABF를 혼합하였다. 유기질비료 혼합물은 저울을 이용하여 각 원료의 무게를 칭량한 후 분쇄기를 이용해 균일하게 혼합하였다.

2.2.3. 비료 혼합물 특성

비료 혼합물인 MLF와 MCFA의 특성 분석은 농촌진흥청에서 제공한 “비료의 시료채취 및 품질검사 방법”에 준하여 분석하였다¹⁹⁾. MLF와 MCFA는 수분, 유기물, 질소, 인산 및 칼륨을 각각 건조법, 회화법, Kjeldahl 법, 바나도몰리브덴산법 및 원자흡광분광법으로 분석하였다.

2.3. 유기성 자원과 유기질비료 혼합물 처리에 후 작물 생육 조사

2.3.1. MOF, LMC 및 FWP 혼합물 처리에 따른 작물 재배

상토(원예용 상토)를 포설한 트레이에 상추와 배추 종자를 2018년 5월 28일에 파종하여 약 5주간 유묘를 관리하였다. 시험 작물의 정식전 균일하게 배합된 공시비료를 600 kg/10a 수준으로 전층시비하고, 15일이 경과한 후 생육이 비슷한 유묘를 선별하여 2018년 6월 25일 정식하였다. 처리구별 시비량은 “비료의 시료채취 및 품질검사”에서 제시된 유기질비료의 시비 기준량을 상추와 배추를 밀식조건(약

15 cm×13.5 cm)을 기준으로 필요한 유기질비료량을 계산하여 육묘용 포트에 시비하였다¹⁹⁾. 처리구는 공시유기질비료의 종류에 따라 유기질비료를 처리하지 않은 무처리구(non-fertilizer; NF), MOF를 처리한 대조구(control), MLF1 처리구, MLF2 처리구 및, MLF3 처리구로 설정하였다. 작물 재배는 10 cm 육묘용 포트를 사용하였으며, 각 처리구는 완전임의배치법으로 배치하였고, 처리구별 반복은 3반복으로 수행하였다. 관수는 매일 1~2회 실시하면서 온실(대기온도 15~30°C, 상대습도 50~65%)에서 수행하였으며, 시험 기간 중 병충해는 발생하지 않았다. 작물의 생육 조사는 작물의 생육상태를 판단하여 작물 정식 후 30일이 경과한 7월 24일에 실시하였다.

2.3.2. MOF, CPM, FWP 및 ABF 혼합물 처리에 따른 작물재배

상토를 포설한 트레이에 상추와 배추를 2018년 8월 17일에 파종하여 약 3주간 유묘를 관리하였다. 작물 정식 15일 전에 공시비료를 600 kg/10a수준으로 전층시비하고 15일이 경과한 후 생육 상태가 비슷한 유묘를 선별하여 2018년 9월 7일에 정식하였다. 처리구는 무처리구(non fertilizer; NF), 혼합유기질비료를 처리한 대조구(control), MCFA1 처리구, MCFA2 처리구 및 MCFA3 처리구로 구분하였다. 작물 재배는 10 cm 육묘용 포트를 사용하였고, 각 처리구는 완전임의배치법으로 배치하였으며, 처리구별 반복은 3반복으로 수행하였다. 관수는 매일 1~2회 실시하면서 온실(대기온도 15~30°C, 상대습도 50~65%)에서 수행하였으며, 시험 기간 중 병충해는 발생하지 않았다. 작물의 생육 조사는 작물의 생육상태를 판단하여 작물 정식 후 35일이 경과한 10월 25일에 실시하였다.

2.3.3. 토양 분석 및 작물 생육 조사

시험종료 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(O.M., organic matter), 전질소(T-N, total nitrogen), 유효인산 (Av.-P₂O₅, available phosphate), 치환성 칼륨

(K, exchangeable potassium), 치환성 칼슘(Ca, exchangeable calcium), 치환성 마그네슘(Mg, exchangeable magnesium), 치환성 나트륨(Na, exchangeable sodium), 양이온치환용량(CEC, cation exchangeable capacity) 등이었고, 토양화학분석법에 준하여 분석하였다²⁰⁾. pH와 EC는 1:5법으로, O.M.은 Tyurin법으로, T-N은 Kjeldahl 증류법으로, Av.-P₂O₅는Bray No.1법으로, 치환성 양이온과 CEC는 IN-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.

2.4. 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. MOF, LMC 및 FWP 혼합물의 특성 및 작물 생육

MOF, LMC 및 FWP 혼합물(MLF)의 이화학적 특

성을 조사하였다(Table 3). MLF는 수분 함량과 유기물 함량은 각각 17.2~21.5%와 65.1~67.7%를 나타내었고, 질소, 인산 및 칼륨의 함량은 3.6~3.9%, 2.1~2.2% 및 1.3~1.4%의 범위를 나타내었다. MLF 중 LMC의 비율이 증가할수록 수분 함량이 증가하였고, 유기물 함량은 감소하였으며, FWP의 함량이 증가할수록 수분 함량이 감소하였고, 유기물 함량은 증가하였다. 이는 Table 1에 제시된 LMC는 FWP보다 수분 함량이 높고, 유기물 함량이 낮았기 때문으로 판단된다.

현재 비료공정규격에서 부숙유기질비료인 LMC는 유기질비료에 사용할 수 있는 원료로 규정되어 있지 않기 때문에 LMC를 유기질비료의 원료로 사용할 수 없다. 하지만 본 연구에서는 동물성 유기물 원료인 LMC를 사용한다는 점을 고려하여 혼합유기질비료의 기준으로 MLF1~3의 유기질비료로서 적용가능성을 평가하였다. MLF의 이화학적 특성은 혼합유기질비료의 기준에 적합하였으나 MLF1은 수분 함량이 21.5%로 다른 처리구들에 비해 수분 함량이 높게 나타났다. 비료공정규격에서 혼합유기질비료에 대한 수분 함량 기준은 제시되지 않았으나 발효 과정을 거친 가공계분의 경우 수분 함량을 20%로 제한하고 있다는 점을 고려할 때, MLF1은 추후 LMS에서 미생물과 수분의 작용으로 2차 분해가 발생하여 성상 및 성분 함량의 변화가 나타날 수 있을 것으로 판단되었다. 그러나 유기질비료 원료 중 수분 함량이 상대적으로 높다 하더라도 펠렛 제형화 과정에서 수분이 증발되기도 하므로 본 원료의 제형화 후 따른 유기질비료의 수분 함량은 조사가

Table 3. The Properties of Mixture of Mixed Organic Fertilizer (MOF), Composting Poultry Manure (CPM) and Dried Food Waste Powder (FWP)

Fertilizers ¹⁾	W.C.	O.M.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NaCl	Sum of N, P ₂ O ₅ and K ₂ O
	(%)						
MLF1	21.5a ²⁾	65.1a	3.7a	2.2a	1.4a	0.4b	7.3a
MLF2	19.5a	65.9a	3.6a	2.2a	1.3a	0.6ab	7.1a
MLF3	17.2a	67.7a	3.9a	2.1a	1.4a	0.8a	7.4a
Guideline ³⁾	-	60 over					7.0 over

¹⁾ MLF1: MOF 60% + LMC 30% + FWP 10%; MLF2: MOF 60% + LMC 20% + FWP 20%; MLF3: MOF 60% + LMC 10% + FWP 30%.

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

³⁾ Guideline qualified organic fertilizer from RDA represent that of mixed organic fertilizer.

필요하였다¹⁾.

MLF를 처리한 후 상추와 배추에 처리한 후 작물의 생육을 조사하였다(Table 4). 시험종료 후 토양화학성 분석 결과, 상추의 pH, EC, T-N, OM, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ 등은 각각 pH 6.7~7.0, 0.83~0.91 dS/m, 3.0~3.4 g/kg, 60.3~65.7 g/kg, 0.9~1.0 cmol⁺/kg, 9.8~11.5 cmol⁺/kg, 4.3~4.5 cmol⁺/kg, 0.8~1.0 cmol⁺/kg의 범위를, 배추에서는 각각 pH 6.8~6.9, 0.79~0.89 dS/m, 3.0~3.5 g/kg, 57.6~62.8 g/kg, 0.9~1.0 cmol⁺/kg, 9.4~11.2 cmol⁺/kg, 4.1~4.6 cmol⁺/kg, 0.8~0.9 cmol⁺/kg의 범위를 나타내었고, 작물별 처리구간 평균비교에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 상추에서

MLF 처리 후 무처리구와 비교할 때, 엽록소는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 엽수, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중은 대조구 및 유기질비료 처리구에서 증가하였다. 대조구와 비교할 때, 엽수는 MLF1 처리구 및 MLF2 처리구는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, MLF3 처리구는 대조구보다 감소하였다. 엽장, 엽폭 및 생물중은 대조구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 유기질비료의 종류에 따른 처리구간 차이를 확인할 수 없었다. 건물중은 MLF1 처리구 및 MLF2 처리구에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, MLF3 처리구는 대조구보다 29% 증가하였다.

Table 4. The Growth of Lettuce and Chinese Cabbage after Applying Mixture of Mixed Organic Fertilizer (MOF), Composting Poultry Manure (CPM) and Dried Food Waste Powder (FWP)

Treatments ¹⁾	Chlorophyll	No of leaves	Leaf length	Leaf width	Fresh weight	Dry weight
	(mg/100cm ²)	(ea/plant)	(cm)	(cm)	(g/plant)	(g/plant)
Lettuce (<i>L. sativa</i>)						
NF	2.6a ²⁾	6.5c	9.3b	3.9b	3.5b	0.40d
Control	2.7a	17.2a	24.0a	13.2a	72.9a	5.12bc
MLF1	2.8a	17.0ab	22.6a	13.1a	63.4a	4.62c
MLF2	2.7a	19.0ab	22.5a	13.2a	75.5a	5.76b
MLF3	2.8a	19.3b	21.1a	18.1a	74.9a	6.63a
Correlation ³⁾						
CPM	0.333	-0.314	-0.509	-0.428	-0.269	-0.807**
FWP	-0.333	0.314	-0.509	0.428	0.269	0.807**
N content	0.046	0.062	-0.516	0.469	-0.081	0.529
Na content	-0.005	0.431	-0.614*	0.370	0.100	0.650**
Chinese cabbage (<i>B. campestris</i>)						
NF	2.9a	7.8b	9.7b	4.3b	5.2b	0.68b
Control	3.0a	17.8a	21.8a	11.2a	52.4a	5.19a
MLF1	2.9a	19.3a	22.8a	12.0a	55.1a	5.29a
MLF2	2.7a	18.5a	23.0a	11.5a	57.3a	5.49a
MLF3	2.9a	17.3a	21.8a	11.2a	50.2a	5.15a
Correlation						
CPM	-0.034	-0.016	0.195	0.040	0.042	-0.281
FWP	0.034	0.016	-0.195	-0.040	-0.042	0.281
N content	0.259	0.025	-0.308	0.026	-0.230	0.053
Na content	-0.251	0.053	0.087	0.097	0.040	0.178

¹⁾ Treatments were as follows. NF: non-fertilizer; Control: MOF; MLF1: MOF 60% + CPM 30% + FWP 10%; MLF2: MOF 60% + CPM 20% + FWP 20%; MLF3: MOF 60% + CPM 10% + FWP 30%. These organic fertilizers were applied 600 kg/10a before 15 days planting lettuce and Chinese cabbage.

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 each material such as CPM, FWP, N content and Na content and each growth factor such as chlorophyll content, leaves number, leaf width, leaf length, fresh weight and dry weight (n=11).

* and ** represents significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient.

배추에서는 무처리구와 비교할 때, 엽록소는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 엽수, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중은 대조구 및 유기질비료 처리구에서 증가하였다. 대조구와 비교할 때, 엽수, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

유기질비료의 혼합 원료 함량과 작물의 생육지수의 상관관계를 조사한 결과, 상추는 건물중과 높은 상관관계를 나타내었고, 원료 중 LMC 함량은 부의 상관성($p < 0.01$)을, FWP 함량은 정의 상관성($p < 0.01$)을 나타내었다. 유기질비료 혼합물의 성분과 상추 생육의 상관관계조사에서 유기질비료 혼합물의 질소와 나트륨은 상추의 엽장에 대해 부의 상관성($p < 0.05$)을, 상추의 건물중에 대해 정의 상관성($p < 0.01$)을 나타내었다. 그러나 유기질비료 혼합물과 배추의 생육지수와와의 상관관계는 통계적으로 유의한 결과를 나타내지 않았다.

MLF의 이화학적 특성은 혼합유기질비료의 기준에 적합하였고(Table 3), MLF 처리 시 상추와 배추는 혼합유기질비료와 유사한 생육 특성과 생산량을 나타내었다(Table 4). 따라서 LMC의 경우 유기질비료의 원료로 사용이 가능하여 해외에서 수입되는 유기질비료의 원료의 일부를 대체할 수 있을 것으로 기대되었다¹⁰⁾.

3.2. MOF, CPM, FWP 및 ABF 혼합물의 특성 및 작물 생육

MOF, CPM, FWP 및 ABF 혼합물(MCFA)의 이화

학적 특성을 조사하였다(Table 5). MCFA는 수분 함량과 유기물 함량은 각각 18.1~19.7%와 62.6~66.5%를 나타내었고, 질소, 인산 및 칼륨의 함량은 4.5~4.7%, 1.7~1.9% 및 1.3~1.4%의 범위를 나타내었다. MCFA 중 CPM의 비율이 증가할수록 수분 함량이 증가하였고, 유기물 함량은 감소하였다. 이는 Table 1에 제시된 CPM이 MOF보다 수분 함량이 높고, 유기물 함량이 낮았기 때문으로 판단된다.

현재 비료공정규격에서 ABF는 조미료의 발효 과정에서 얻어진 부산물이나 유기질비료에 사용할 수 있는 원료로 규정되어 있지 않기 때문에 유기질비료의 원료로 사용할 수 없다. 하지만 본 연구에서는 동물성 유기물 원료인 CPM과 식물성 유기물 원료인 ABF를 사용한다는 점을 고려하여 혼합유기질비료의 기준으로 MCFA (MCFA1~3)의 유기질비료로서 적절성을 평가하였을 경우 MCFA의 이화학적 특성은 혼합유기질비료의 기준에 적합하였다.

MCFA를 처리한 후 상추와 배추에 처리한 후 작물의 생육을 조사하였다(Table 6). 시험종료 후 토양 분석 결과는 상추에서 pH, EC, T-N, OM, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ 등은 각각 pH 6.7~7.0, 0.81~0.92 dS/m, 3.0~3.3 g/kg, 69.1~64.9 g/kg, 0.8~0.9 cmol⁺/kg, 9.7~10.9 cmol⁺/kg, 4.1~4.5 cmol⁺/kg, 0.8~0.9 cmol⁺/kg의 범위를, 배추에서 각각 pH 6.6~7.0, 0.83~0.93 dS/m, 3.0~3.4 g/kg, 57.1~63.4 g/kg, 0.9~1.0 cmol⁺/kg, 9.1~10.7 cmol⁺/kg, 4.0~4.3 cmol⁺/kg, 0.7~0.9 cmol⁺/kg의 범위를 나타내었고 작물별 처리구간 평균 비교 결과 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

Table 5. The Properties of Mixture of Organic Fertilizers with Mixed Organic Fertilizer (MOF), Composting Poultry Manure (CPM), Dried Food Waste Powder (FWP) and Amino Acid By-Product Fertilizer (ABF)

Fertilizers ¹⁾	W.C.	O.M.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NaCl	Sum of N, P ₂ O ₅ and K ₂ O
(%)							
MCFA1	18.1a ²⁾	66.5a	4.7a	1.9a	1.3a	0.8a	7.9a
MCFA2	19.0a	64.5a	4.6a	1.9a	1.4a	0.9a	7.9a
MCFA3	19.7a	62.6a	4.5a	1.7a	1.3a	1.0a	7.5a
Guideline ³⁾	-	60 over					7.0 over

¹⁾ MCFA1: MOF 45% + CPM 30% + FWP 15% + ABF 10%; MCFA2: MOF 35% + CPM 40% + FWP 15% + ABF 10%; MCFA3: MOF 25% + CPM 50% + FWP 15% + ABF 10%.

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

³⁾ Guideline qualified organic fertilizer from RDA represent that of mixed organic fertilizer.

Table 6. The Growth of Lettuce and Chinese Cabbage after Applying Mixture of Mixed Organic Fertilizer (MOF), Composting Poultry Manure (CPM), Dried Food Waste Powder (FWP) and Amino Acid By-Product Fertilizer (ABF)

Treatments ¹⁾	Chlorophyll	No of leaves	Leaf length	Leaf width	Fresh weight	Dry weight
	(mg/100cm ²)	(ea/plant)	(cm)	(cm)	(g/plant)	(g/plant)
Lettuce (<i>L. sativa</i>)						
NF	2.2c ²⁾	18.3b	18.3b	10.7c	46.7d	6.01d
Control	2.6ab	23.2b	20.7ab	12.4ab	89.9b	9.67a
MCFA1	2.9a	26.7a	22.3a	13.3a	108.9a	9.88a
MCFA2	2.6b	24.0b	21.7a	12.0b	86.3bc	8.65b
MCFA3	2.8a	23.3b	19.6ab	11.6bc	73.4c	7.43c
Correlation ³⁾						
CPM	-0.733*	-0.870**	-0.602	-0.686*	-0.905**	-0.980**
MOF	0.733*	0.870**	0.602	0.686*	0.905**	0.980**
N content	0.777**	0.838**	0.617	0.661*	0.887**	0.976**
Na content	-0.733*	-0.870**	-0.602	-0.686*	-0.905**	-0.980**
Chinese cabbage (<i>B. campestris</i>)						
NF	2.7c	11.0c	13.5c	6.2b	10.0b	1.23b
Control	3.1a	19.7ab	26.9b	13.0a	65.3a	4.53a
MCFA1	2.9bc	20.7a	27.8ab	13.5a	70.1a	4.80a
MCFA2	3.0ab	20.0a	29.0a	13.4a	71.8a	4.61a
MCFA3	3.0abc	18.3b	28.2ab	13.1a	69.2a	4.42a
Correlation						
CPM	0.336	-0.764*	0.181	-0.264	-0.088	-0.554
MOF	-0.336	0.764*	-0.181	0.264	0.088	0.554
N content	-0.308	0.778**	-0.132	0.267	0.111	0.550
Na content	0.336	-0.764*	0.180	-0.264	-0.088	-0.554

¹⁾ Treatments were as follows. NF: non-fertilizer; Control: MOF; MCFA1: MOF 45% + CPM 30% + FWP 15% + ABF 10%; MCFA2: MOF 35% + CPM 40% + FWP 15% + ABF 10%; MCFA3: MOF 25% + CPM 50% + FWP 15% + ABF 10%. These composting organic fertilizers were applied 600 kg/10a before 15 days planting lettuce and Chinese cabbage.

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 each material such as CPM, MOF, N content and Na content and each growth factor such as chlorophyll content, leaves number, leaf width, leaf length, fresh weight and dry weight (n=8).

* and ** represents significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient.

MCFA 처리 후 상추에서 무처리구와 비교할 때, 엽록소, 엽폭, 생물중 및 건물중은 대조구 및 유기질 비료 처리구에서 증가하였다. 대조구와 비교할 때, 엽록소, 엽수, 엽장 및 엽폭은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 생물중은 MCFA1 처리구에서 대조구보다 21.1% 증가하였고, MCFA2 처리구는 대조구보다 18.3% 감소하였다. 건물중은 MCFA1 처리구에서 대조구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, MCFA2 처리구와 MCFA3 처리구는 대조구보다 각각 10.5%와 23.1% 씩 감소하였다.

배추에서는 무처리구와 비교할 때, 엽록소, 엽수, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중은 대조구 및 MCFA 처리구에서 증가하였다. 대조구와 비교할 때, 엽록소, 엽수, 엽폭, 생물중 및 건물중에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, MCFA3 처리구의 엽장은 대조구보다 7.8% 정도 증가하였다.

MCFA에서 혼합 원료 함량과 작물의 생육지수의 상관관계를 조사한 결과, 상추의 생물중과 건물중은 CPM의 비율에 따라 부의 상관성($p < 0.01$)을 나타내었고, MOF의 비율에 따라 정의 상관성($p < 0.01$)을

나타내었다. 배추에서는 엽수의 변화는 CPM의 혼합 비율에 따라 부의 상관성($p < 0.05$)을, MOF의 비율에 따라 정의 상관성($p < 0.05$)을 나타내었다(Table 6). 작물의 생육지수별 차이는 있으나 상추와 배추의 생육지수간 상관관계 조사에서 엽수, 생물중 및 건물중은 작물간 정의 상관성($p < 0.05$)을 나타내었고, MCFA에서 CPM의 비율은 엽채류 생육을 감소시키는 것으로 판단된다. 이는 MCFA에서 CPM의 함량이 증가할수록 비료성분 중 질소 함량이 감소하였고(Table 5), 질소 공급량은 작물의 생육 및 생산량과 정의 상관성($p < 0.05$)을 나타내기 때문이다. 가공계분은 유기질비료에 비해 질소 함량이 상대적으로 낮기 때문에 가공계분과 유기질비료 혼합 비율이 증가할수록 혼합물의 질소 함량은 감소하며, 엽채류의 생육 감소와 밀접한 관계가 있다고 알려져 있다¹¹⁾. 한지형 잔디에 동일한 양의 질소 함량을 공급하는 경우 질소의 형태나 혼합된 비료의 성분 함량에 관계없이 잔디의 생육과 품질의 변화는 나타나지 않고²¹⁾, 유기질비료의 시비량의 증가는 배추의 생육과 생산량을 증대시키는 것으로 알려져 있다²²⁾.

MOF나 MCFA의 처리 후 대부분의 처리구에서 작물의 생육과 생산량이 MOF 처리구(대조구)와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 LMC, FWP, CPM 및 ABF는 유기질비료 원료로 사용이 가능하였고, 수입 유박 원료를 대체할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 MOF나 MCFA의 시비 시 작물의 생육과 생산량에 영향을 미친 요인인 질소 공급량은 원료 중에서 LMC, FWP 및 CPM은 유기질비료(MOF)보다 질소 함량이 낮아 유기질비료의 원료로 사용하는 경우 유기질비료 중 질소 함량이 낮아져 현재 사용하는 유기질비료와 유사한 작물의 생육과 생산량을 나타내기 위해서는 시비량이 증가되어야 한다. 그러므로 국내에서 발생하는 유기성 자원인 LMC, FWP 및 CPM을 유기질비료의 원료로 사용하기 위해서는 이들의 혼합에 의한 유기질비료의 질소 감소량을 보완할 수 있는 다른 원료의 보완이 필요한 것으로 보이며, 아미노산발효부산물(ABF), 어분 및 혈분 등은 이들을 보완할 수 있는 좋은 질소원으로 판단된다¹³⁾.

4. 결론

본 연구는 국내에서 발생한 다양한 유기성 자원 중 가축분퇴비(LMC), 가공계분(CPM), 음식물류폐기물건조분말(FWP) 및 아미노산발효부산물(ABF)등과 혼합유기질비료(MOF)의 혼합물의 이화학적 특성의 변화와 작물에 대한 생육을 조사하였다.

1. LMC, FWP 및 MOF의 혼합물(MLF)의 질소, 인산 및 칼륨의 함량은 각각 3.6~3.9%, 2.1~2.2% 및 1.3~1.4%의 범위를 나타내었고, LMC의 비율이 높을수록 유기물 함량은 감소하는 경향을 나타내었다.
2. MLF를 처리하였을 때, MLF3 처리구에서 상추의 건물중은 대조구보다 29% 증가하였고, 배추는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 작물별로 MLF의 생육 특성은 다르게 나타났다.
3. MLF 처리 후 작물 생육은 MLF의 LMC비율에 따라 부의 상관성을, FWP의 비율에 따라 정의 상관성을 나타내었고, MLF의 질소 함량에 따라 정의 상관성을 나타내었다.
4. CPM, FWP, ABF 및 MOF의 혼합물(MCFA)의 질소, 인산, 칼륨의 함량은 각각 4.5~4.7%, 1.7~1.9% 및 1.3~1.4%의 범위를 나타내었고, CPM의 비율이 증가할수록 수분 함량이 증가하고, 유기물 함량은 감소하는 경향을 나타내었다.
5. MCFA를 처리한 후 상추의 건물중은 MCFA1 처리구에서 대조구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 배추에서는 대조구보다 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.
6. MCFA 처리 후 작물의 생육은 MCFA 중 CPM의 배합 비율과 부의 상관성을 나타내었다.

MLF와 MCFA는 대조구보다 질소 성분량이 상대적으로 낮았으나 대조구와 유사한 작물 생육을 나타내거나 증대시키는 경향을 나타내어 원료로 사용된 LMC, CPM, FWP 및 ABF등은 유기질비료 원료로 사용하였을 때 작물에 대한 피해는 발생하지 않아 유기질비료의 원료로 적합하였다. 다만 원료 중 LMC, CPM 및 FWP는 유기질비료보다 질소 함량이

낮아 혼합물에서 질소가 감소하여 작물의 생육과 생산성에 영향을 주었다. 따라서 질소 함량이 높은 유기질비료 원료를 배합하여 부족한 질소 성분의 보완이 필요하였다.

사 사

이 연구는 2020학년도 대구대학교 학술연구비지원으로 수행되었으며(과제번호 20200161), 지원에 감사드립니다.

References

1. Padel, S., Rockinsberg, H. and Schmid, O., "The implementation of organic principles and values in the European regulation or organic food", *Food Policy*, 34, pp. 245~251. (2009).
2. Kim, M. S., Kim, S. C., Yun, S. G., Park, S. J. and Lee, C. H., "Quality characteristics of commercial organic fertilizers circulated", *Journal of the KORRA*, 26(1), pp. 21~28. (2018).
3. Oh, T. S., Kim, C. H., Kim, S. M., Jang, M. J., Park, Y. J. and Cho, Y. K., "Effects of paddy soil chemical changes and yield componets of rice in accordance with the age and usage of organic fertilizer and chemical fertilizers", *Kor. J. Org. Agric.*, 24(4), pp. 969~980. (2016).
4. Cho, S. H., Park, T. H. and Chang, K. W., "Effects of Brassica campestris L. and lactuca sativa L. yield by application of organic fertilizer and microorganisms", *J. of KOWREC*, 9(3), pp. 88~92. (2001).
5. Park, K. C. and Kim, S. J., "Changes of soil microbial phospholipid fatty acids as affected by red pepper cultivation and compost amendment", *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 43(2), pp. 194~199. (2010).
6. Jo, I. H., "Estimation of productivity and organic hanwoo carrying capacity per unit area of whole crop wheat and triticale by application of organic fertilizer and legumes-mixed sowing", *Kor. J. Org. Agric.*, 21(2), pp. 207~217. (2013).
7. Hong, J. K., Park, H. and Park, Q., "Mineralization of organic materials applied to Korean ginseng", *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.*, 13(1), pp. 13~19. (1980).
8. Ham, S. K., Lee, J. Y., Kim, C. S. and Chang, K. W., "Influence of organic fertilizer to Korean turfgrass (*Zoysia japonica*) in golf course", *J. of KOWREC*, 10(2), pp. 140~146. (2002).
9. Kim, Y. K., Cho, Y. Y., Oh, H. J., Kang, H. J., Yang, S. H., Moon, B. C. and Jwa, C. S., "Growth, yield and nutrient uptake of radish as affected by amount of organic fertilizer in a volcanic ash soil", *Kor. J. Org. Agric.*, 23(4), pp. 829~846. (2015).
10. 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).
11. 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).
12. 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).
13. 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 orgnic fertilizer utilizing livestock horn meal as domestic organic resource on the growth and crop yields", *J. of KORRA*, 27(2), pp. 19~30. (2019).
14. 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. or KORRA*, 25(2), pp. 49~57. (2017).

15. Lee, W. C. and Lee, K. Y., "Studies on glutamic acid fermentation residue fertilizer I. Application rate of fertilizers and soil chemical properties of mulberry fields used glutemic acid fermentation residue fertilizer", *Kor. J. Seric. Sci.*, 26(1), pp. 21~24. (1984).
16. Kim, Y. S., Lee, S. B., Ham, S. K., Lim, H. J. and Choi, Y. C., "Soil physicochemical properties by applied with mixed ratio soldier fly (*Hermetia illucens*) casts", *Asian J. Turfgrass Sci.*, 25(1), pp. 106~111. (2011).
17. Kim, Y. S., Ham, S. K., Lee, J. P., Hwang, Y. S. and Lee, K. S., "Effects of two amino acid fertilizers on growth of creeping bentgrass and nitrogen uptake", *Weed Turf. Sci.*, 3(3), pp. 246~252. (2014).
18. Yang, J. E., Chung, J. B., Kim, J. E. and Lee, K. S., "Ag-Environmental Science", CIR. (2008).
19. NIAST, "The methods of analysis and sampling for fertilizer", RDA. (1998).
20. NIAST, "Methods of soil chemical analysis", RDA. (1998).
21. Kim, Y. S., Lee, C. E., Kim, D. H. and Lee, G. J., "Nitrogen uptake and shoot growth of creeping bentgrass after application of slow release nitrogen fertilizer blending", *Weed Turf. Sci.*, 8(2), pp. 57~65. (2019).
22. Cho, S. H. and Park, T. H., "Effects of organic fertilizer, microorganism and seaweed extract application on growth of Chinese cabbage", *J. of KOWREC*, 10(4), pp. 81~85. (2002).