

가공계분 함유 혼합유기질비료의 시비효과

김영선[†], 이태순, 조성현, 정제용, 안지예, 이종진*, 한기필*, 홍주화*
효성오앤비㈜, ㈜판코리아*

Growth Effect of Mixed Organic Fertilizer Blending Poultry Manure Compost in Leaf Vegetables

Young-Sun Kim[†], Tae-Soon Lee, Sung-Hyun Cho, Je-Yong Jeong, Ji-Ye An,
Jong-Jin Lee*, Ki-Pil Han*, Joo-Hwa Hong*
Hyosung O&B Co. Ltd., Daejeon 34054, Korea
PanKorea Co. Ltd.*

(Received: Aug. 9, 2017 / Revised: Aug. 28, 2017 / Accepted: Sep. 4, 2017)

ABSTRACT: Poultry manure compost (PMC) as the organic fertilizer sources has a high nutrient content such as nitrogen, phosphate and potassium, and its properties been affected by bulking agent. This study was conducted to evaluate properties of mixed organic fertilizer (MOF) containing PMC composting with sawdust and peat moss as bulking agent, and to measure a characteristics of plant growth by their application. The MOF containing 10~30 % PMC had a coincidence with its guideline in Korea. As applied with MOF containing PMC composting with sawdust (PMCS) or MOF containing PMC composting with peat moss (PMCP), dry weight of plant was increased in MOF treatments blending with 10~30 % PMCS or 10~30 % PMCP. In correlation coefficient between blending ratio of PMC in MOFs and plant growth indexes, PMCS was not significantly different, but its PMCP a positive effect ($P<0.05$). These results indicated that PMC was able to blend about 10~30 % as mixed organic fertilizer source, and its application increased in plant growth.

Keywords: Mixed organic fertilizer (MOF), Plant growth, Poultry manure compost (PMC), PMC composting with sawdust (PMCS), PMC composting with peat moss (PMCP)

초록: 유기질비료 원료로서 가공계분은 질소, 인산, 칼리함량이 높고 본 연구는 수분조절제의 종류에 따라 다른 특성을 나타낸다. 본 연구는 수분조절제로서 톱밥과 피트모스를 혼합하여 발효한 두 종류의 가공계분을 혼합유기질비료의 원료로 이용하였을 때, 배합비율별 유기질비료의 이화학적 특성 및 작물생육 특성을 조사하였다. 톱밥이나 피트모스를 수분조절제로 첨가하여 발효시킨 가공계분이 함유된 혼합유기질비료는 가공계분이 10~30 % 함유된 혼합유기질비료에서 비료공정규격에 적합하였다. 톱밥 가공계분(PMCS)이나 피트모스 가공계분(P MCP)을 10~30 % 정도 함유한 혼합유기질비료 처리구는 작물의 생육(건물중)이 증가하였다. 가공계분별 배합비율과 작물생육지수와 상관관계를 조사한 결과, PMCS 함유 혼합유기질비료와 작물의 생육 지수에서 영향을 미치지 않았고, PMCP 함유 혼합유기질비료의 시비는 작물의 생육 및 생산량이 증가하였다($P<0.05$).

[†] Corresponding author(e-mail : zeroline75@empas.com)

이들 결과를 종합할 때, 가공계분은 혼합유기질비료의 원료로 사용이 가능하였고, 혼합유기질비료 중 가공계분의 적정함유량은 10~30 %였으며, 시비에 의해 작물 생육이 증가하였다.

주제어: 혼합유기질비료(MOF), 작물생육, 가공계분(PMC), 피트모스 가공계분(P MCP), 톱밥 가공계분(PMCS)

1. 서론

경제가 발전하고, 식생활이 서구화되면서 육류의 소비는 빠르게 증가하였고, 그 결과 가축이나 가금류의 사육 및 가축분뇨의 발생량도 증가하였다¹⁾. 2015년 통계자료에 의하면 46,529천톤의 가축분뇨가 발생한 것으로 알려져 있고, 이 중에서 계분발생량은 16,000천톤으로 추정된다²⁾. 축산업과정에서 발생한 부산물인 계분은 오물감과 냄새로 취급하기가 쉽지 않지만 질소, 인산 및 칼리와 같은 비료성분함량이 다른 가축분(돈분, 우분 등)에 비해 높기 때문에 비료의 원료로서 가치가 높다고 할 수 있다³⁾.

계분을 농업용 비료로 이용하기 위해서는 발효과정이나 건조과정과 같은 공정을 거쳐 비료로 이용할 수 있다. 계분을 원료로 하는 농업용 비료에는 계분을 건조한 건계분, 일정기간의 발효과정을 거친 가공계분 및 발효과정을 거쳐 부숙이 완료된 부숙유기질비료의 퇴비 등이 있다^{4,5)}. 이 중에서 가공계분은 일정기간 발효기간을 거치기 때문에 건계분을 사용하는 것보다 작물생육에 안전하고, 부숙유기질비료인 퇴비에 비해 발효기간이 짧기 때문에 양분의 손실이 적은 것이 특징이다⁵⁾.

국내에서 유통되는 가공계분은 해외 의존도가 높고, 원료로 수입하기보다는 완제품으로 수입하는 경우가 많으므로 국내의 계분을 발효하여 가공계분을 생산하는 것은 가공계분의 해외의존도를 줄이고, 국내에서 발생하는 가축부산물을 재활용할 수 있어 자원순환형 농업을 실현할 수 있는 장점이 있다⁶⁾. 국내 비료관리법에서 가공계분은 유기질비료로 이용할 수 있지만 유기질비료 중 혼합유기질비료의 원료로 이용할 수 있어 다양한 농업적 활용이 가능하다. 가공계분은 계분발효에 사용하는 수분조절제의 유무 및 종류에 따라 다른 특성을 나타내나 톱밥과 피트모스를 수분조절제로 사용한 가공계분의 발

효 및 이화학적 특성이 비슷한 것으로 보고되었다⁵⁾. 하지만 가공계분의 이화학적 성질이 비슷하더라도 수분조절제의 종류에 따라 작물의 생육 및 생산량은 다르게 나타나는데 이는 수분조절제의 종류에 따라 토양에 미치는 영향이 다르고, 그에 따라 식물의 생육이 다르게 나타나기 때문이다^{5,7,8)}.

국내에서 유통되는 유기질비료는 대부분 해외에서 수입된 식물성 유박을 원료로 생산하고 있어 가공계분과 마찬가지로 원료의 해외 의존도가 높아 농자재가격이 상승하여 농업생산성이 감소하는 원인이 되기도 한다⁹⁾. 또한 자연순환형 농업의 관점에서 볼 때, 우리나라의 농업은 해외의 자원들이 국내로 유입되는 구조를 갖고 있어 자원순환수지의 불균형을 초래하고 있다⁹⁾. 유기질비료 원료의 해외의존도를 줄이기 위해서는 가축분퇴비의 이용을 통한 재활용 자원의 비율이 증가하여야 하지만 유기질비료에 비해 양분함량이 낮아 과량으로 사용하게 되고, 가축분퇴비의 잘못된 사용으로 다양한 농작물의 피해로 이어지므로 시비에 있어 주의가 필요하다¹⁰⁾. 또한 가축분퇴비의 질소 무기화율은 유기질비료에 비해 현저하게 낮아 작물의 양분이용이 감소하여 작물의 생육이 감소한다¹¹⁾. 그러므로 이러한 자원순환수지의 불균형을 해소하고, 가축분퇴비의 과다시비에 따른 농작물의 피해를 줄이며, 비료학적 가치를 재고하기 위한 연구가 요구되고 있다.

가공계분은 제조과정에서 발효공정을 거치고, 비료학적 가치가 퇴비에 비해 높은 유기질비료로서 국내 유기농업자재로 다양하게 이용되고 있으나 식물생육을 개선하기 위해서는 식물성 유박류 등과 배합하여 사용하는 것이 효과적이다^{12,13)}. 그러나 국내에서 가공계분의 배합 비율별 유기질 비료의 이화학적 변화나 시비에 의한 작물 생육 특성에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 계분 원료에 톱밥과 피트모스

를 수분조절제로 혼합한 후 발효공정으로 거쳐 얻어진 가공계분을 유기질비료 원료로서 이용하였을 때, 가공계분 함유 유기질비료의 이화학적 특성 및 작물생육을 조사함으로써 가공계분의 유기질비료 원료로서 활용가능성을 평가하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 가공계분의 혼합에 따른 혼합유기질비료의 특성

2.1.1. 공시재료

본 연구는 2016년 9월부터 10월까지 경기도 안성시에 위치한 H사에서 2개월 동안 수행하였다. 혼합유기질비료의 원료는 아주까리유박, 미강, 골분 및 가공계분을 H사에서 제공받아 사용하였고, 연구에 사용한 가공계분은 수분조절제로서 톱밥과 피트모스를 이용하여 9월부터 10월까지 약 25일 동안 발효된 계분이었고, 음지에서 자연풍건하였다. 혼합유기질비료의 배합원료별 이화학적 특성은 Table 1과 같다.

2.1.2. 혼합유기질비료 제형

혼합유기질비료의 배합비율은 가공계분의 혼합량에 따른 변화를 확인하기 위해 대조구(mixed organic fertilizer; MOF)는 아주까리유박, 미강 및 골분을 각각 95%, 3% 및 2%씩 혼합하여 펠렛으로 제형화하였다. 톱밥 가공계분 처리구(poultry manure

compost with sawdust; PMCS)는 제형화시 PMCS의 배합량에 따라 10%처리구(PMCS10), 20%처리구(PMCS20), 30%처리구(PMCS30) 및 95%처리구(PMCS95)로 구분하였고, PMCS의 배합량의 증가에 따라 아주까리유박의 배합량을 가감하였고, 미강과 골분은 동일하게 사용하였다. 피트모스 가공계분 처리구(poultry manure compost with peat moss; PMCP)는 제형화시 PMCP의 배합량에 따라 10%처리구(PMCP10), 20%처리구(PMCP20), 30%처리구(PMCP30) 및 95%처리구(PMCS95)로 구분하였고, 배합비율은 톱밥 가공계분 처리구와 동일하게 수행하였다. 혼합유기질비료는 H사에서 현재 운용중인 입상제형기(ITALY-LAMEC, 300HP)를 이용하여 380~400 암페어에서 펠렛형태(지름 5 mm, 길이 10 mm)로 제형화하였다.

2.1.3. 조사내용

제형화된 유기질비료의 이화학적 특성을 평가하기 위해 수분함량(water content; W.C.), 유기물(organic matter; O.M.), 전질소(total nitrogen; N), 인산(total phosphate; P_2O_5) 및 칼리(total potassium; K_2O) 등을 조사하였다. 수분함량은 105°C 건조법, 유기물함량은 회화법, 질소함량은 켈달중류법, 인산함량은 바나도몰리브덴산법으로, 그리고 칼리함량은 염광광도계(flame photo meter; PFP7, JENWAY, UK)를 이용하여 원자흡광법으로 농촌진흥청의 비료의 품질 검사 및 시료채취기준에 준하여 분석하였다.

Table 1. The properties of mixed organic fertilizer containing poultry manure composting with sawdust as bulking agent (unit: %)

Materials ¹⁾	W.C.	O.M.	N	P_2O_5	K_2O	Sum of N, P_2O_5 , K_2O
COC	11.0	80.1	4.48	1.70	1.12	7.30
RB	11.9	79.6	2.19	3.79	1.82	7.80
BP	8.10	28.7	2.70	22.40	0.22	25.32
PMCS	19.8	54.9	4.08	2.91	2.03	9.02
PMCP	19.7	57.7	4.05	2.69	2.33	9.07

¹⁾COC: castor oil cake; RB: rice bran; BP: bone powder; PMCS: poultry manure composting with sawdust; PMCP: poultry manure composting with peat moss.

Table 2. Soil chemical properties used in this experiment

pH (1:5)	EC (dS/m)	T-N (g/kg)	O.M. (g/kg)	Avail. -P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cations				CEC
					K	Ca	Mg	Na	
6.7	0.57	4.3	89.3	675	1.0	12.8	5.1	0.9	18.2

2.2. 가공계분 함유 혼합유기질비료의 작물재배시험

2.2.1. 공시재료

가공계분을 이용한 작물재배 시험은 2016년 8월부터 11월까지 4개월간 대전광역시 소재의 효성오앤비(주) 친환경농업연구소 연구용 온실에서 수행하였다. 공시작물은 상추(*Lactuca sativa* L.; 백일청치마, 동부팜), 오크리프(*Lactuca sativa* L.; 적오크, 동부팜) 및 치커리(*Cichorium intybus* L.; 치커리, 농우씨앗)를 이용하였고, 농자재 판매상에서 종자를 구매하여 사용하였다. 제형화가 완료된 혼합유기질비료를 처리구별 공시비료로 이용하였고, 시험에 사용된 토양은 사양토였으며, pH와 전기전도도는 각각 6.7와 0.57 dS/m를 나타내어 상추, 오크리프 및 치커리를 재배하기 적합한 토양이었다(Table 2).

2.2.2. 처리구 설정

원예용 상토를 포설한 트레이에 상추, 오크리프 및 치커리 종자를 2016년 8월 24일에 파종하여 약 5주간 유묘를 관리하였다. 작물 정식 전 제형화된 혼합유기질비료를 600 kg/10a수준으로 전충시비하고 15일이 경과한 후 생육상태가 비슷한 유묘를 선별하여 각 처리구에 2016년 9월 29일 정식하였다. 처리구는 대조구(MOF), 톱밥 가공계분 10%처리구(PMCS10), 톱밥 가공계분 20%처리구(PMCS20), 톱밥 가공계분 30%처리구(PMCS30), 톱밥 가공계분 95%처리구(PMCS95), 피트모스 가공계분 10%처리구(PMCP10), 피트모스 가공계분 20%처리구(PMCP20), 피트모스 가공계분 30%처리구(PMCP30) 및 피트모스 가공계분 95%처리구(PMCP95)로 구분하였고, 작물재배는 4 inch 육묘용 포트를 사용하였으며, 완전임의배치법(3반복)으로 배치하였고, 관수는 매일 1

~2회 실시하면서 온실에서 수행하였으며, 시험기간 중 병충해는 발생하지 않았다.

2.2.3. 조사내용

작물의 생육조사는 시험 종료 후 엽록소, 엽수, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중을 조사하였다. 엽록소는 엽록소측정기(SPAD-502, Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였고, SPSS12.01을 이용하여 던컨다중검정을 통해 처리구간 평균값을 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 톱밥 가공계분 함유 혼합유기질비료의 특성 및 작물생육효과

톱밥으로 발효한 가공계분(PMCS)의 배합비율별 혼합유기질비료의 이화학적 특성은 Table 3과 같다. 수분함량은 9.7~23.6%, 유기물함량은 54.0~82.0%, 질소함량은 4.02~4.41%, 인산함량은 2.32~2.82%, 칼리함량은 1.17~1.73%를 나타내었다. 비료공정규격의 혼합유기질비료의 적합성을 평가할 때, PMCS10, PMCS20 및 PMCS30은 비료공정규격에 적합하였으나 PCMC95는 유기물함량이 54%로 비료공정규격에 적합하지 않았다. PMCS의 배합비율이 증가할수록 질소는 감소하는 경향을 보였고, 인산과 칼리는 증가하는 경향을 보였다(Table 3).

PMCS가 혼합된 혼합유기질비료의 시비에 의한 상추, 오크리프 및 치커리의 작물생육시험결과는 Table 4와 같다. 모든 작물에서 엽록소와 엽수는 대조구(MOF)와 비슷하여 처리구별 차이를 나타내지 않았다. 상추의 재배시험에서 생물중과 건물중이 PMCS20 처리구에서 증가하였고, PMCS10 처리구와 PMCS30 처리구는 대조구와 비슷하였다. 오크리프의 생육시험 결과, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중은 PMCS10 처리구에서 대조구보다 증가하였고,

Table 3. The properties of mixed organic fertilizer containing poultry manure composting with sawdust as bulking agent (unit: %)

Treatments ¹⁾	W.C.	O.M.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Sum of N, P ₂ O ₅ , K ₂ O
MOF	13.4	74.6	4.42	2.52	1.14	8.08
PMCS10	9.7	82.0	4.41	2.02	1.17	7.60
PMCS20	11.5	77.4	4.20	2.34	1.25	7.79
PMCS30	12.0	75.4	4.13	2.32	1.23	7.68
PMCS95	23.6	54.0	4.02	2.82	1.73	8.57
Guideline ²⁾	-	60 over	-	-	-	7 over

¹⁾Treatments were as follows. MOF: Mixed organic fertilizer; PMCS10: MOF containing poultry manure composting with sawdust (PMCS) 10 %; PMCS20: MOF containing PMCS 20 %; PMCS30: MOF containing PMCS 30 %, PMCS95: MOF containing PMCS 95 %.

²⁾Guideline of mixed organic fertilizer in Korea.

W.C. and O.M. represent water content and organic matter, respectively.

Table 4. The growth of lettuce, oakleaf, and chicory by application of mixed organic fertilizer composting poultry manure composting with sawdust as bulking agent

Treatments ¹⁾	Chlorophyll	No. of leaves	Leaf length	Leaf width	Fresh weight	Dry weight
	($\mu\text{g}/100\text{cm}^2$)	(ea/plant)	(cm)		(g/plant)	
Lettuce						
MOF	19.1a ²⁾	15.3a	15.8ab	7.8ab	23.5b	3.84b
PMCS10	19.5a	16.2a	15.7ab	8.1ab	24.7b	3.86b
PMCS20	19.5a	16.2a	17.0a	8.2a	31.5a	5.47a
PMCS30	18.7a	15.3a	15.7ab	7.2ab	24.8b	4.08b
PMCS95	19.8a	15.7a	14.7ab	7.1b	21.1c	3.31c
Correlation ³⁾	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Oakleaf						
MOF	24.7a	16.8a	13.0b	7.2bc	14.9c	1.20d
PMCS10	28.8a	17.0a	15.2a	8.6a	22.3a	1.74a
PMCS20	28.5a	17.8a	14.1ab	7.5bc	19.0b	1.37c
PMCS30	28.6a	16.8a	14.6ab	8.0ab	22.5a	1.60b
PMCS95	28.7a	17.7a	13.2b	6.8c	16.3bc	1.18d
Correlation	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Chicory						
MOF	38.2a	12.5a	11.0b	8.0b	17.5b	1.79d
PMCS10	40.5a	12.7a	13.6a	9.6a	23.8a	2.75a
PMCS20	38.4a	13.3a	13.0ab	8.7ab	20.4b	2.38b
PMCS30	37.9a	12.8a	12.2ab	8.0b	18.0b	1.90cd
PMCS95	38.9a	13.2a	12.7ab	7.9b	18.5b	2.14bc
Correlation	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹⁾Treatments were as follows. MOF: Mixed organic fertilizer; PMCS10: MOF containing poultry manure composting with sawdust (PMCS) 10 %; PMCS20: MOF containing PMCS 20 %; PMCS30: MOF containing PMCS 30 %, PMCS95: MOF containing PMCS 95 %.

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

³⁾Correlation coefficient between each growth factor in lettuce, oakleaf or chicory and blending ratio of PMCS in mixed organic fertilizer. ns represents no significance.

PMCS20 처리구와 PMCS30 처리구는 대조구와 비슷하였다. 치커리의 생육시험결과, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중은 PMCS10 처리구에서 대조구보다 증가하였고, PMCS20 처리구, PMCS30 처리구 및 PMCS95 처리구의 엽장, 엽폭 및 생물중은 대조구와 비슷하였다. PMCS95 처리구는 작물의 생육이 대조구와 비슷하거나 낮아 시비에 의한 생육효과는 나타나지 않았다. 세 종류의 엽채류 재배시험결과를 정리할 때, PMCS의 처리는 엽채류의 생물중과 건물중이 대조구보다 증가하여 작물의 생육과 생산량이 증가하였고, 혼합유기질비료 제형 시 PMCS의 배합비율은 10~30 %가 적절하였다. 시비량에 따른 작물의 생육은 비료의 형태 및 종류에 따라 다르게 나타나 혼합유기질비료의 시비량이 동일한 경우 작물의 생산량은 비슷하였다¹⁴⁾.

PMCS의 배합비율에 따른 작물생육에 미치는 영향을 평가하기 위해 상관관계를 조사한 결과, 상추, 오크리프 및 치커리의 모든 생육 지수에서 영향을 미치지 않아 혼합유기질비료 중에서 PMCS의 배합비율이 엽채류 작물의 생육에 미치는 영향이 적음을 알 수 있었다(Table 4). 이는 작물의 생육에 영향을 주는 질소공급량에 차이는 있으나 질소공급량이 20 % 이내인 경우 식물의 생육 및 생장은 비슷한 결과를 나타내므로 PMCS에 따른 혼합유기질비료의 질소성분함량의 차이는 20 % 이내로 조사되어 PMCS 함유 혼합유기질비료의 시비가 작물생육에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단된다^{15,16)}.

3.2. 피트모스 가공계분 함유

혼합유기질비료의 특성 및 작물생육효과

피트모스로 발효한 가공계분(P MCP)의 배합비율별 혼합유기질비료의 이화학적 특성은 Table 5와 같다. 수분함량은 9.2~20.4 %, 유기물함량은 52.9~81.1 %, 질소함량은 3.96~4.45 %, 인산함량은 2.19~2.98 %, 칼리함량은 1.14~1.84 %를 나타내었다. 비료공정규격의 혼합유기질비료의 적합성을 평가할 때, PMCP10, PMCP20 및 PMCP30은 비료공정규격에 적합하였으나 PMCP95는 유기물함량이 52.9 %로 비료공정규격에 적합하지 않았다. PMCP의 배합비율이 증가할수록 질소는 감소하는 경향을 보였고, 인산과 칼리는 증가하는 경향을 보였다(Table 5).

PMCP가 혼합된 혼합유기질비료의 시비에 의한 상추, 오크리프 및 치커리의 작물생육시험결과는 Table 6과 같다. 모든 작물에서 엽록소와 엽수는 대조구와 비슷하여 처리구별 차이를 나타내지 않았다. 상추에서 엽록소는 처리구별 차이를 나타내지 않았고, 엽장과 엽폭은 PMCP10 처리구와 PMCP30 처리구는 대조구보다 증가하였으며, 생물중과 건물중은 PMCP10 처리구, PMCP20 처리구 및 PMCP30 처리구에서 대조구보다 증가하였다. 오크리프에서 엽수는 대조구와 비슷하였으나 엽록소, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중은 PMCP10 처리구, PMCP20 처리구 및 PMCP30 처리구에서 증가하였다. 치커리에서 엽록소, 엽수 및 엽폭은 대조구와 유사하거나 낮았으나 생물중과 건물중은 PMCP10 처리구, PMCP20 처리구 및 PMCP30 처리구에서 증가하였다. PMCP95

Table 5. The properties of mixed organic fertilizer containing poultry manure composting with peat moss as bulking agent (unit: %)

Treatments ¹⁾	W.C.	O.M.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Sum of N, P ₂ O ₅ , K ₂ O
MOF	13.4	74.6	4.42	2.52	1.14	8.08
PMCP10	9.2	81.1	4.45	2.22	1.27	7.94
PMCP20	11.4	76.9	4.37	2.19	1.40	7.96
PMCP30	11.7	74.5	4.41	2.40	1.32	8.13
PMCP95	20.4	52.9	3.96	2.98	1.84	8.78
Guideline ²⁾	-	60 over	-	-	-	7 over

¹⁾Treatments were as follows. MOF: Mixed organic fertilizer; PMCP10: MOF containing poultry manure composting with peat moss (PMCP) 10 %; PMCP20: MOF containing PMCP 20 %; PMCP30: MOF containing PMCP 30 %, PMCP95: MOF containing PMCP 95 %.

²⁾Guideline of mixed organic fertilizer in Korea.

W.C. and O.M. represent water content and organic matter, respectively.

Table 6. The growth of lettuce, oakleaf, and chicory by application of mixed organic fertilizer composting poultry manure composting with peat moss as bulking agent

Treatments ¹⁾	Chlorophyll ($\mu\text{g}/100\text{cm}^2$)	No. of leaves (ea/plant)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight
Lettuce						
MOF	19.1ab ²⁾	15.3c	15.8c	7.8c	23.5d	3.84d
PMCP10	19.5a	18.8a	18.1a	9.0a	38.0a	6.30a
PMCP20	18.1ab	15.8ac	16.6bc	8.1bc	27.4bc	4.59c
PMCP30	18.6ab	17.2b	17.3ab	8.7b	30.7ab	5.26b
PMCP95	17.4b	15.3c	15.7c	7.4c	24.0c	3.85d
Correlation ³⁾	*	ns	ns	ns	ns	ns
Oakleaf						
MOF	24.7d	16.8a	13.0b	7.2b	14.9c	1.20b
PMCP10	30.4bc	16.8a	15.2a	9.1a	27.2b	2.01a
PMCP20	31.9ab	17.5a	16.1a	9.7a	29.3a	2.04a
PMCP30	34.6a	17.0a	15.4a	9.5a	26.6b	2.08a
PMCP95	26.5cd	15.2b	12.3b	6.6c	12.3d	0.82c
Correlation	ns	**	*	*	*	*
Chicory						
MOF	38.2a	12.5ab	11.0b	8.0a	17.5b	1.79b
PMCP10	38.4a	13.2a	13.19a	9.1a	21.8a	2.34a
PMCP20	34.1b	13.3a	13.17a	8.7a	21.4a	2.24a
PMCP30	35.9ab	13.2a	12.88ab	8.9a	21.0a	2.24a
PMCP95	36.3ab	10.8bc	12.27ab	8.5a	14.6c	1.50c
Correlation	ns	*	ns	ns	**	**

¹⁾Treatments were as follows. MOF: Mixed organic fertilizer; PMCP10: MOF containing poultry manure composting with peat moss (PMCP) 10 %; PMCP20: MOF containing PMCP 20 %; PMCP30: MOF containing PMCP 30 %, PMCP95: MOF containing PMCP 95 %.

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

³⁾Correlation coefficient between each growth factor in lettuce, oakleaf or chicory and blending ratio of PMCP in mixed organic fertilizer. ns, * and ** represent no significance and significance at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

처리구는 작물의 생육이 대조구와 비슷하거나 낮아 시비에 의한 생육효과는 나타나지 않았다. 세 종류의 엽채류 재배시험결과를 검토해보면, PMCP의 처리에서는 엽채류의 생물중과 건물중이 증가하여 작물의 생육과 생산량이 증가하였고, 혼합유기질비료 제형 시 PMCP의 배합비율은 10~30 %가 적절하였다.

PMCP의 배합비율에 따른 작물생육에 미치는 영향을 평가하기 위해 상관관계를 조사한 결과, 상추는 엽록소에서 부의 상관성을 보였고, 오크리프는 엽수, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중에서 정의 상관성을 보였으며, 치커리에서는 엽수, 생물중 및 건물

중에서 정의 상관성을 보였다(Table 6). 이를 통해 PMCP를 함유하는 혼합유기질비료의 시비는 작물의 생육 및 생산량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 시비량이 비슷한 경우 작물의 생육이 비슷한 것이 사실이나 혼합유기질비료에 함유된 기능성 성분이나 미생물에 의해 식물의 생육이나 생산량이 증가하기도 한다^{5,18)}.

툽밥 발효 가공계분(PMCS)과 피트모스 발효 가공계분(P MCP)을 배합하여 생산한 혼합유기질비료의 작물 생육 특성을 비교하였다(Table 7). 상추에서 엽록소는 PMCS에서 높았으나 엽수, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중은 PMCP에서 높아 PMCP 처리구에

Table 7. T-test between PMCS and PMCP in vegetable growth

Species	Chlorophyll	No. of leaf	Leaf length	Leaf width	Fresh weight	Dry weight
Lettuce	+2.1767	-2.1036	-2.2835	-2.0597	-2.1955	-2.1993
	*	*	*	*	*	*
Oakleaf	-1.6052	+1.4132	-0.7599	-2.0479	-1.7190	-1.5537
	ns	ns	ns	ns	*	ns
Chicory	+2.6574	+0.7924	-0.0077	-0.8310	+0.3340	+1.4130
	**	ns	ns	ns	ns	ns

ns, * and ** represent no significance and significance at the 0.05 and 0.01 probability level by T-test, respectively. Symbols of “+” and “-” represent PMCS and PMCP, respectively.

서 생육과 생산량이 증가하였다. 오크리프는 생물중이 PMCP에서 높았고, 다른 생육지수들은 유의차를 나타내지 않았으며, 치커리는 엽록소가 PMCS에서 높았고, 다른 생육지수들은 유의차를 보이지 않았다. PMCS 처리구는 엽록소함량이 약간 높은 경향을 보였고, PMCP는 작물의 생물중이 높은 경향을 보였으나 가공계분 함유 유기질비료는 가공계분의 수분조절제에 의한 작물 생육의 차이는 크지 않은 것으로 판단된다. 이는 수분조절제로 사용된 피트모스가 톱밥보다 토양개량제로서 우수한 특징을 나타내나 유기질비료를 통해 공급된 양이 미미하여 토양의 이화학적 특성이나 작물의 생육에 영향을 미치지 못하였기 때문으로 판단된다^{5,7,11)}. 그러나 피트모스가 포함된 가공계분을 함유한 유기질비료를 지속적으로 사용하는 경우 토양 중 유기물의 공급이 증가하여 토양의 개량효과가 나타날 것으로 판단되었다¹⁹⁾.

4. 결론

본 연구는 수분조절제로서 톱밥과 피트모스를 혼합하여 발효한 두 종류의 가공계분을 혼합유기질비료 원료로 이용하였을 때, 배합비율별 혼합유기질비료의 이화학적 특성 및 작물생육 특성을 조사하여 가공계분의 혼합유기질비료 원료로서 활용가능성을 평가하였다.

톱밥을 수분조절제로 발효하여 얻어진 가공계분(톱밥 가공계분, PMCS)이 함유된 혼합유기질비료의 이화학적 특성은 PMCS가 10~30% 함유된 혼합유기질비료에서 비료공정규격에 적합하였다.

톱밥 가공계분을 함유한 혼합유기질비료는 작물의 생육 및 생산량이 증가하였고, 혼합유기질비료에 적절한 배합비율은 10~30%로 나타났다.

피트모스를 수분조절제로 발효하여 얻어진 가공계분(피트모스 가공계분, PMCP)이 함유된 혼합유기질비료의 이화학적 특성은 PMCP가 10~30% 함유된 혼합유기질비료에서 비료공정규격에 적합하였다.

피트모스 가공계분을 함유한 혼합유기질비료는 작물의 생육 및 생산량이 증가하였고, 혼합유기질비료에 적절한 배합비율은 10~30%로 나타났다.

가공계분의 배합비율과 작물생육지수와 상관관계를 조사한 결과, PMCS 함유 혼합유기질비료에서는 가공계분의 배합비율에 따라 작물의 엽록소가 증가하였고, PMCP 함유 혼합유기질비료는 작물의 생물중이 증가하였다.

가공계분 함유 혼합유기질비료의 시비에 따른 작물의 생육에서 생리장애 및 비해 등이 발생하지 않아 톱밥이나 피트모스를 수분조절제로 하여 생산된 가공계분은 혼합유기질비료의 원료로 사용이 가능하였고, 유기질비료 중 톱밥 가공계분이나 피트모스 가공계분의 적정 배합량은 10~30%였으며, 피트모스를 수분조절제로 사용한 가공계분 혼합유기질비료에서 작물의 생물중이 증가함을 알 수 있었다.

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었으며(과제번호 116063-2), 지원에 감사드립니다.

References

1. Lee, K.J. and Cho, M.S., "Transition of Korean meat consumption and consumption trend after modern times - focused on beef and pork", Kor. J. Food. Culture, 27(5), pp. 422-433. (2012).
2. Korean Ministry of Agriculture, Food and Rural Affair, "Yield of livestock manure in South Korea" (2016).
3. Hwang, K.S., Lee, I.B., Park, J.M. and Yoo, B.S., "Fractional recovery as extractable form of nutrient in composted livestock manure application on soil distributed in Jeju", Kor. J. Environ. Agric. 26(1), pp. 49-54. (2007).
4. Kang, H.W., Park, H.M., Ko, J.Y., Lee, J.S., Kim, M.T., Kang, U.G., Lee, D.C. and Moon, H.P., "Investigation on optimal aeration rate for minimizing odor emission during composting poultry manure with sawdust", Korean J. Environ. Agric. 20(4), pp. 225-231. (2001).
5. 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., "Plant growth responses and characteristics of composting of poultry manure with peatmoss and cocopeat and bulking agent", J. of KORRA. 25(1), pp. 79-86. (2017).
6. Kang, B.K, Jung, H.H. and Kim, K.S., "Effect of slurry composted and biofiltered solution as an organic fertilizer on the growth of zoysiagrass. Hort. Environ. Biotechnol. 51(6), pp. 507-512. (2010).
7. Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lim, H.J., "Change of soil physicochemical properties by mixed ratio of 4 types of soil amendments used in golf course", Kor. Turfgrass Sci. 24(2), pp. 205-210. (2010).
8. Lee, S.B., Kim, Y.S., Ham, S.K., Lim, H.J., Choi, Y.C. and Park, K.H., "Effect of soldier fly casts mixed soil on change of soil properties in root zone and growth of zoysiagrass", Weed Turf. Sci. 2(3), pp. 298-305. (2013).
9. Lee, S.E. and Yoon, Y.M., "The analysis of environmental loads and material recycling of the nutrient by the livestock wastewater originating from imported feeds", KSSSF (Korean Society of Soil Science and Fertilizer) Autumn Conference, pp. 100-115. (2008)
10. Hyun, H.N. and Kang, K.G., "A review of the counterplan and damage cases for livestock manure in agriculture", KSSSF (Korean Society of Soil Science and Fertilizer) Autumn Conference, pp. 87-99. (2008).
11. Lee, Y., Lee, S.M. and Shin, J.H., "Mineralization of organic materials and plant uptake in upland condition", KAOA (Korean Association of Organic Agriculture) Autumn Conference, pp. 300. (2009).
12. Ham, S.K., Lee, J.J. and Kim, I.S., "Effect of application of organic fertilizer on the growth of Korea lawngrass (*Zoysia matrella* L. Merr.) by based-dressing and top-tressing application", J of KOWREC. 2(1), pp. 41-49. (1994).
13. Jo, S.H., Park, T.H. and Chang, K.W., "Effects of *Brassica campestris* L. and *Lactuca sativa* L. Yield by application of organic fertilizers and microorganisms", J. of KOWREC. 9(3), pp. 88-92. (2001).
14. Jung, Y.S., Lee, H.J., Ha, S.K. and Cho, B.O., "Effect of phosphate coated slow release fertilizer on yield of directly seeded rice", J. Kor. Soil Sci. Fert. 30(2), pp. 108-113. (1997).
15. Kussow, W.R.I., Sodat, D.J., Kreuser, W.C. and Houlihan, S.M., "Evidence, regulation, and consequences of nitrogen-driven nutrient demand by turfgrass", Inter. Schol. Res. Net. Agron. 10, pp. 1-9. (2012).
16. Ham, S.K., Kim, Y.S. and Lim, H.J., "The effect of developed SCB liquid fertilizer on the growth of Kentucky bluegrass", Asian J. Turfgrass Sci. 25(1), pp. 73-78. (2011).
17. Lee, T.S., Cho, S.H., Jeong, J.Y., An, J.Y., Lee, J.J., Han, K.P., Hong, J.H. and Kim, Y.S., "Composting of livestock manure blending humic

- acid powder and influences on growth of lettuce by its application”, J. of KORRA. 25(2), pp. 5-14. (2017).
18. Kim, Y.S., Lee, C.E., Ham, S.K. and Lee, G.J., “Growth of creeping bentgrass by application of compound fertilizer containing microbes”, Weed Turf. Sci. 5(1), pp 42-50. (2016).
19. Park, J.M., Lee, I.B., Kang, Y.I. and Hwang, K.S., “Effect of mineral and organic fertilizations on yield of hot pepper and changes in chemical properties of upland soil”, Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27(1), pp. 24-29. (2009).