

부산물 활용 발효 유기질비료가 배추 수량 및 토양환경에 미치는 영향

안난희^{a†}, 이상민^b, 오은미^c, 이초롱^a, 공민재^d

Application Effects of Fermented Mixed Organic Fertilizer Utilizing By-Products on Yield of Chinese Cabbage and Soil Environment

Nan-Hee An^{a†}, Sang-Min Lee^b, Eun-mi Oh^c, Cho-Rong Lee^a, Min-Jae Gong^d

(Received: Oct. 12, 2020 / Revised: Dec. 14, 2020 / Accepted: Dec. 15, 2020)

ABSTRACT: This study analyzes the effects of mixed fermented organic fertilizer on chinese cabbage growth and soil properties in order to investigate the nutritional effects of organic fertilizers, which are developed as an alternative fertilizer for imported castor oil cake. In this study, four treatments were set up: 100% and 200% rate of nitrogen application (320 kg ha⁻¹ for Chinese cabbage) on mixed fermented organic fertilizer A(FA) and mixed fermented organic fertilizer B(FB), respectively, 100% rates of the mixed expeller cake (MEC) fertilizer, and the untreated control. Results revealed that the growth and yield of Chinese cabbage increased as more fermented organic fertilizer was used. However, while there were no significant differences in growth characteristics between treatments of 100% rate of mixed fermented organic fertilizer and 100% rate of MEC, the impacts on yields resulted similar. The nitrogen use efficiency (NUE) of Chinese cabbage was measured a range of 20-31% depending on the response to treatment. The 100% FA showed the same as NUE and nitrogen absorption with 100% rate of MEC. Regarding soil properties after cultivation, there were no significant differences among the effects of fertilizers in pH, EC, soil organic matter, and available phosphate. However, the content of exchangeable cations(K, Ca, Mg) was higher in areas treated with mixed fermented organic fertilizer than in untreated areas. Furthermore, the bacterial population density in the soil was higher in areas treated with mixed fermented organic fertilizer than in untreated areas and increased as more mixed fermented organic fertilizer was used. There were no significant differences in the population density of actinomycetes and fungi when fertilizer was applied to the soil. These results also show that FA, as a alternative organic fertilizer for imported castor oil cake, has similar nutritional effects as that of MEC. Therefore, further research the appropriate amounts of fertilizer is required to achieve economical and eco-friendly nutrient management.

Keywords: Agricultural by-products, Organic fertilizer, Castor oil cake, Chinese cabbage

초 록: 본 연구는 아주까리유박을 주원료로 제조하는 유기질비료의 대체자재 개발 목적으로 제조한 혼합유기질 발효비료의 양분공급 효과 검증을 위해 시용 후 배추의 생육 및 토양 특성을 혼합유박과 비교 분석하였다. 혼합유기질

^a 국립농업과학원 유기농업과 연구사(Researcher, Organic Agriculture Division, National Institute of Agricultural Science)

^b 국립농업과학원 유기농업과 연구관(Senior Researcher, Organic Agriculture Division, National Institute of Agricultural Science)

^c 국립농업과학원 유기농업과 연구원(Assistant Researcher, Organic Agriculture Division, National Institute of Agricultural Science)

^d 국립농업과학원 유기농업과 박사후연구원(Post-doctoral Researcher, Organic Agriculture Division, National Institute of Agricultural Science)

† Corresponding author(e-mail: nanhee79@korea.kr)

발효비료는 미강, 주정박, 참깨박, 어분의 혼합비율을 달리하여 비료성분이 질소 5.0, 인산 2.6, 칼리 1.4%인 비료 2종(FA, FB)를 제조하였다. 본 시험은 무처리, 혼합유박, 혼합유기질 발효비료 처리구로 설정하였으며, 배추의 질소시비량(320 kg ha⁻¹)을 기준으로 혼합유기질 발효비료 A와 B는 100%, 200% 수준, 혼합유박 100% 설정하여 시비하였다. 배추 생육 및 수량 조사결과, 혼합유기질 발효비료의 시용량이 증가하면 생육과 수량도 증가하였다. 혼합유기질 발효비료 처리와 혼합유박 100% 시용구의 생육은 처리간의 유의한 차이는 없었으며, 생산량은 FA 100% 처리구가 혼합유박과 대등한 수량을 보였다. 배추의 질소이용효율은 처리구에 따라 20~31% 이었으며, FA 100% 처리가 혼합유박과 대등한 질소흡수량과 이용효율을 보였다. 재배 후 토양 화학성은 pH, EC, 토양유기물 및 유효인산 함량은 처리간의 유의적인 차이는 없었으나, 치환성양이온 함량은 혼합유기질 발효비료 처리구가 높아졌다. 또한 토양의 세균 밀도는 무비료에 비해 비료 처리구가 높았으며, 혼합유기질 발효비료 시용량이 많을수록 증가하였다. 위의 결과를 통해 수입유박 대체자재로 혼합유기질 발효비료 FA가 혼합유박과 유사한 양분공급 효과가 있으며 경제적이고 친환경적인 양분관리를 위해 적정시비량 설정 연구가 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

주제어: 부산물, 유기질비료, 아주까리 유박, 배추

1. 서론

친환경농업 장려정책의 일환으로 정부에서는 화학비료를 절감하고 대체하는 방안으로 친환경 농자재 지원사업을 시행하여 가축분 퇴비를 비롯한 유기질비료를 공급하고 있다¹⁾. 유기질비료는 비료공정규격상 부산물비료에 속하며 퇴비와 달리 발효과정 없이 본래의 형태와 성질을 그대로 유지하며, 가축분 퇴비에 비해 질소 함량이 1~3배 정도 높고 속효성인 특징을 나타낸다. 국내 친환경 농산물 재배 농가에서는 화학비료를 대체할 양분공급원으로서 유기질 비료에 의존하고 있다^{2,3)}.

현재 유통되고 있는 유기질비료는 단일 원료에 의해 제조된 것 보다 2종 이상의 원료를 혼합하여 만든 혼합유박, 혼합유기질비료, 유기복합이 주류를 이루고 있다. 유기질비료의 원료는 식물성과 동물성으로 구분되며, 식물성은 아주까리 유박, 채종유박, 대두박, 미강유박 등이 있고, 동물성은 어박 및 골분 등이 있다⁴⁾. 현재 유기질비료 원료의 80~90%가 수입되며 대부분 채종유박, 아주까리유박 등으로 수입량은 117만톤, 1,448억원('17년)에 달한다⁵⁾. 아주까리 유박은 다른 유박에 비해 가격은 저렴하지만 인간이나 동물에게 독성이 있는 ricin, ricinine이 함유되어 있어 사료로 이용되지 못하고 비료 원료로만 사용하고 있다⁶⁾. 유기질 비료는 각종 무기영양분을 함유하고 있으며 토양에 시비 후 미생물에 의한 무

기화과정을 거쳐 작물 생육에 필요한 양분을 공급할 수 있는 특징이 있다⁷⁾. 효과면에서 작물의 생육 안정과 생산성 증대에 긍정적이지만 유박을 발토양에 장기 연용한 결과 토양유기물 증가 효과는 미미한 것으로 보고되었다⁸⁾. 수입유박의 사용은 원료의 안전성 우려 및 양분의 재순환을 극대화하고 외부 유입을 최소화하며, 지속가능한 농업의 가치를 실천하기 위해 지역 내 발생하는 부산물자원을 활용하여 수입유박을 대체할 수 있는 자재 개발이 필요한 실정이다⁴⁾.

혼합유기질 발효비료는 일본에서 우리나라 비료공정규격에 설정되어 있지 않으나 일본 등 국외에서는 보카시(Bokashi)라는 이름으로 여러 작물에 활용되고 있다^{9,10)}. 제조방법은 탄질비가 낮은 미강, 유박, 어박, 골분 등 유기물과 유용미생물(EM)을 첨가하여 공기가 들어가지 않는 밀봉조건에서 7~21일 정도 발효시킨다. 보카시 비료의 질소함량은 사용된 원료에 따라 1.09~3.50%로 보고되었으며¹¹⁾, 낮은 탄질비로 작물 생육에 충분한 질소공급으로 수량증대 효과가 보고되었다^{12,13)}. 국내에서는 호기적인 조건에서 발효과정 중 유기질비료의 특성 변화 및 발효된 유기질비료의 액비화 연구만 보고되었을 뿐 이후 혼합유기질 발효비료 관련 연구가 전무한 실정이다^{9,14)}.

따라서 본 연구는 수입유박 대체 양분관리 자재로 부산물 자원을 활용하여 혼합유기질 발효비료 2종을 제조하였으며, 배추에 대해 양분공급 효과를 평가하여 수입유박을 대체할 자재로 활용가능성을 검토하였다.

Table 1. Chemical Properties of Materials Used for Producing Fermented Organic Fertilizer

Material	T-N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	C/N ratio	Moisture content (%)
Rice bran	1.9	3.6	1.56	24.0	9.3
Distillers dried grains	5.0	1.9	1.38	9.4	10.3
Sesame oil meal	6.7	2.6	1.08	7.3	6.5
Fish meal	9.5	6.4	0.91	4.3	10.8

Table 2. Soil Chemical Properties of the Site Used for this Experiment

	pH (1:5H ₂ O)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation(cmol _c kg ⁻¹)		
					K	Ca	Mg
	7.0	0.29	19.1	174.2	0.62	8.81	1.48
Optimum range for cabbage cultivation	6.0~6.5	≤2.00	25~35	350~450	0.65~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0

* OM: organic matter

2. 재료 및 방법

2.1. 혼합유기질 발효비료 제조

혼합유기질 발효비료 제조 시 원료는 미강, 주정박, 참깨박, 어분으로 재료의 특성은 Table 1과 같으며 배합 비율을 달리하여 2종의 비료를 2020년 3월 4일에 제조하였다. 각 비료의 총량을 100 kg에 맞추어 제조비료A(FA)는 미강-주정박-참깨박-어분의 비율(%)이 20-30-30-20, 제조비료B(FB)는 10-40-40-10으로 비율별로 혼합한 후 수분함량을 30%(w/w) 정도로 맞춰 물을 첨가하였다. 혼합된 유기질 비료는 15 kg씩 폴리에틸렌 봉투에 담아 공기가 들어가지 않게 입구를 밀봉한 후 비가림 시설에서 21일간 발효 후 사용하였다.

2.2. 시험포장 및 처리구 설정

본 시험은 국립농업과학원 내 시험포장에서 2020년 4월 2일부터 6월 17일까지 재배시험을 수행하였으며 수행기간 중 평균 기온은 16.1°C로 평년(16.9°C)보다 0.8°C 낮았고, 강수량은 246.5 mm로 평년(192.9 mm) 대비 128% 수준이었다. 본 시험이 진행된 시험포장의 토성은 식양토이며, 화학성은 pH가 7.0, 유기물 함량은 19.1 g kg⁻¹, 유효인산은 174.2 mg kg⁻¹으로 유기물, 유효인산 함량이 배추 재배 적정범위보다 낮은 것으로 나타났다(Table 2). 처리구는 3 m × 6 m로 면적이 18 m²이 되도록 조성하였으며 모든

처리구는 난괴법 3반복으로 배치하였다. 처리내용은 혼합유기질 발효비료 2종(FA, FB), 혼합유박, 무처리이며 혼합유기질 발효비료는 배추 표준시비량의 질소함량 기준으로 100%, 200%로 시비량 2종을 설정하였다. 제조비료의 성분함량은 질소 5.0, 인산 2.6, 칼리 1.4%이며, 혼합유박은 아주까리 유박 47%, 대두박 23%, 채종유박 10%, 미강 20%가 배합된 제품으로 성분함량은 질소 4.0, 인산 2.0, 칼리 1.0%이었다. 유기질 비료의 시비량은 배추 표준시비량(N-P₂O₅-K₂O: 320-78-198 kg ha⁻¹)과 Eq(1). 식을 이용하여 계산하였으며 배추 표준재배 매뉴얼¹⁵⁾에 준하여 배추 정식 1주 전 밑거름으로 전체량의 1/2을 시비하였으며 나머지는 웃거름으로 정식 후 15일, 30일, 45일차에 3회 분시하였다.

$$\text{유기질비료 시비량}(kg\ ha^{-1}) = \text{Eq.(1)}$$

$$\text{작물표준 N시비}(kg\ ha^{-1}) \times \frac{100}{\text{유기질비료 질소함량}(\%)}$$

2.3. 작물재배 및 생육조사

봄배추 품종인 춘광은 본엽이 5-6매 전개되었을 때 70 cm × 40 cm 간격으로 2020년 4월 10일에 정식하였다. 재배 기간 동안 유기농업자재를 활용하여 해충을 방제하였으며 6월 17일에 최종 수확하였다. 생육조사는 처리구별로 15주씩 농촌진흥청의 농업과학기술 연구조사분석기준¹⁶⁾에 따라 주중(Head weight), 구고(Head height), 구폭(Head width), 엽수

(No. of leaves) 등을 실시하였다.

2.4. 토양·식물체 분석 및 질소이용효율

토양은 유기질비료 시비전과 작물수확 후 채취하여 풍건 후 2 mm체를 통과시켜 토양시료를 제조하였다. 조제한 토양의 분석은 국립농업과학원에서 발간한 토양 및 식물체 분석법을 따랐다¹⁷⁾. pH와 전기전도도(EC)는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 추출하여 초자전극법에 의하여 pH meter(Orion model Star A211, USA)와 EC meter(Hanna model HI 9932, Korea)로 측정하였다. 토양유기물은 원소분석기 (ELEMENTAR Varimax CN, Germany)로 총 탄소함량 측정 후 1.724를 곱해 산출하였으며 유효인산은 Lancaster법으로 720 nm에서 비색계(UV-2450, SHIMADZU, JAPAN)로 측정하였다. 치환성 양이온은 1 M NH₄OAc(7.0) 완충용액으로 추출하여 유도결합 플라즈마 발광 광도계(GBC Intrgra XL, Australia)으로 분석하였다.

식물체는 70°C 조건에서 72시간 건조 후 수분을 정량하였으며 질소의 이용효율을 조사하기 위해 Elemental analyzer(Vario max CN, Elemental, Germany) 이용하여 총질소를 정량하였다. 유기질비료 처리별 배추의 질소 이용효율(%)은 Eq. (2)식을 이용하여 산출하였다¹⁸⁾.

질소이용효율(%) =

$$\frac{\text{각처리구의 질소흡수량}(kg\ ha^{-1}) - \text{무비구의 질소흡수량}(kg\ ha^{-1})}{\text{질소총시비량}(kg\ ha^{-1})} \times 100$$

Eq. (2)

2.5. 토양 미생물 밀도 조사

토양 미생물 분석을 위해 시험 후 채취한 토양을 2mm 체로 거른 후 4°C 냉장고에 보관하면서 2주일 이내에 분석하였다. 습토 3 g을 27 mL의 멸균수에 넣고 왕복 진탕기에서 30분간 진탕하여 희석 평판법으로 토양내의 미생물의 밀도를 조사하였다. 일반 세균은 yeast glucose agar, 방선균에는 starch casein agar, 사상균에는 rose bengal agar에 30 mg L⁻¹의 streptomycin을 첨가하였다. 배양조건은 세균과 방선균은 28°C에서 4~7일, 사상균은 25°C에서 5일간이며, 각 시료당 미생물 계수는 3개의 petridish에 나타난 colony를 각각 계수한 평균값을 생균수(Colony Forming Unit: CFU g⁻¹건토)로 계산하였다¹⁹⁾.

2.6. 통계처리

모든 데이터는 XLSTAT 프로그램(ver. 2015)을 이용하여 ANOVA 분석을 실시하였으며, 측정결과에 대한 통계처리는 Duncan's multiple range test(DMRT) 방법으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하여 상호 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 배추 생육 특성 및 수량

혼합유기질 발효비료 종류 및 시비량에 따른 배추의 생육 특성은 Table 3과 같다. FA 200%와 FB

Table 3. Growth of Characteristics of Chinese Cabbage After Applying Organic Fertilizers

Treatment	Head			No. of leaves	
	height (cm)	width (cm)	weight (g)		
MEC [†] 100	30.1b [‡]	17.1b	2,810c	100.3ab	
FA	100	29.8b	16.6b	2,728c	98.7b
	200	31.7a	18.1a	3,462a	105.0a
FB	100	29.5b	16.8b	2,444d	97.6b
	200	31.5a	18.3a	3,154b	104.2a
NF	24.1c	12.3c	1,234e	76.3c	

[†]MEC: mixed expeller cake; FA: mixed fermented organic fertilizer A(20% rice bran + 30% distillers dried grains + 30% sesame oil meal + 20% fish meal); FB: mixed fermented organic fertilizer B(10% rice bran + 40% distillers dried grains + 40% sesame oil meal + 10% fish meal); NF: no fertilizer.

[‡]Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, $P < 0.05$).

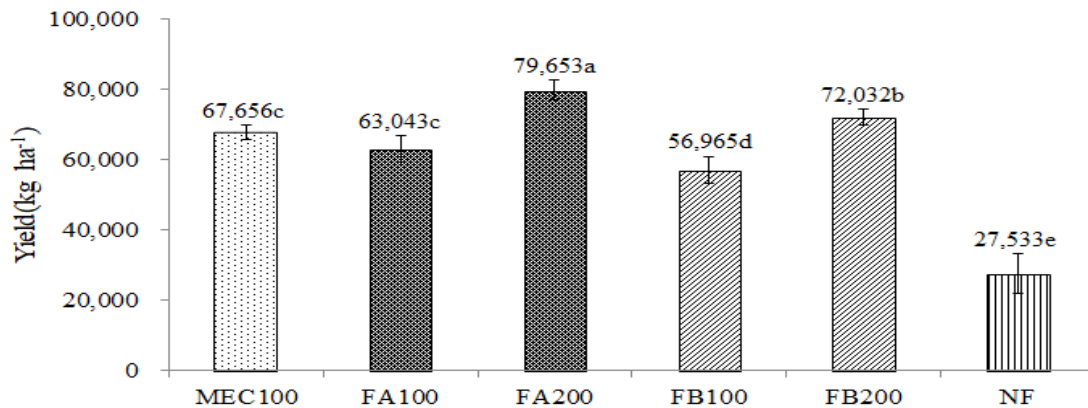


Fig. 1. Yield of Chinese cabbages according to type and application rate of organic fertilizer. Different letters on top of the columns indicate significant difference as determined by Duncan's test at $p < 0.05$. MEC: mixed expeller cake; FA: mixed fermented organic fertilizer A(20% rice bran + 30% distillers dried grains + 30% sesame oil meal + 20% fish meal); FB: mixed fermented organic fertilizer B(10% rice bran + 40% distillers dried grains + 40% sesame oil meal + 10% fish meal); NF: no fertilizer.

Table 4. Nitrogen Uptake Characteristics of Chinese Cabbage According to Type and Application Rate of Organic Fertilizer

Treatment		Amount of nitrogen uptake (kg ha ⁻¹)	Nitrogen use efficiency (%)
MEC [†] 100		123bc [‡]	30.5a
FA	100	120bc	29.0a
	200	168a	24.4b
FB	100	108c	24.0b
	200	147ab	19.9c
NF		47d	-

[†]MEC: mixed expeller cake; FA: mixed fermented organic fertilizer A(20% rice bran + 30% distillers dried grains + 30% sesame oil meal + 20% fish meal); FB: mixed fermented organic fertilizer B(10% rice bran + 40% distillers dried grains + 40% sesame oil meal + 10% fish meal); NF: no fertilizer.

[‡]Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, $P < 0.05$).

200% 처리구의 배추 구고는 각각 31.7, 31.5 cm, 구 폭이 18.1, 18.3 cm, 엽수는 105, 104개, 그리고 주중이 3,462, 3,154 g으로 100% 처리구와 유의적인 차이를 나타냈다. 100% 처리 시 대조구인 혼합유박과 제조한 비료 2종간의 구고, 구폭, 엽수는 차이가 없었으나, 주중은 혼합유박 처리가 2,810 g이며 FA 처리가 2,728 g로 대등하였으며 FB는 2,444 g으로 감소하는 경향을 나타냈다.

배추 수량은 FA 100% 처리구가 63,043 kg ha⁻¹이며 혼합유박 처리구가 67,656 kg ha⁻¹로 통계적인 유의차이는 없었으며, FB 100%는 혼합유박 대비 86%

를 나타냈다(Fig. 1). 혼합유기질 발효비료 200% 처리하였을 때 두 비료 모두 100% 처리구에 비해 FA는 27%, FB는 29% 수량이 증가하였다. 이와 유사하게 Kim 등²⁰도 혼합유박 처리량에 따라 배추 수량이 증가하는 경향을 보였으며 150% 처리구가 가장 높은 수량을 보였다고 보고하였다.

3.2. 배추의 질소이용효율

혼합유기질 발효비료 종류 및 시비량에 따른 배추의 질소이용효율에 대해 조사하였다(Table 4). 혼합유박의 질소흡수량과 이용효율은 각각 123 kg

Table 5. Chemical of Characteristics of Soil after Chinese Cabbage Cultivation Applying Organic Fertilizers

Treatment	pH (1:5H ₂ O)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation(cmolc kg ⁻¹)		
					K	Ca	Mg
MEC [†] 100	6.5a [‡]	0.22a	18.2a	142.8a	0.57bc	9.85a	1.27bc
FA 100	6.7a	0.24a	19.1a	157.6a	0.76a	10.54a	1.88a
	200	6.8a	0.28a	20.8a	190.1a	0.73a	10.18a
FB 100	6.6a	0.25a	19.9a	148.4a	0.66bc	7.49b	1.40bc
	200	6.7a	0.25a	16.8a	134.2a	0.62bc	9.53a
NF	7.1a	0.22a	19.8a	142.8a	0.50c	7.16b	1.07c
Optimum level	6.0~6.5	<2	25~35	350~450	0.65~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0

[†]MEC: mixed expeller cake; FA: mixed fermented organic fertilizer A(20% rice bran + 30% distillers dried grains + 30% sesame oil meal + 20% fish meal); FB: mixed fermented organic fertilizer B(10% rice bran + 40% distillers dried grains + 40% sesame oil meal + 10% fish meal); NF: no fertilizer.

[‡]Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, $P < 0.05$).

ha⁻¹, 30.5%으로 FA 100% 처리구의 질소흡수량(120 kg ha⁻¹)과 이용효율(29.0%)이 대등하였으며, FB 100% 처리구는 수량 결과와 마찬가지로 혼합유박 처리구에 비해 낮아지는 경향이였다. 토양에 처리된 유기자원은 토양내 미생물에 의해 무기화되어지고, 무기화된 양분은 식물에 의해 흡수되어 작물 생육에 이용된다. 유기자원의 질소무기화 과정은 유기물질의 형태(N, 탄질물, 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌, 그리고 폴리페놀)에 따라 질소 무기화 경향은 큰 차이를 나타내며^{21,22} 유박 종류에 따라 상추의 질소이용효율이 차이가 나타나는 Won 등²³의 결과처럼 동일한 질소량을 갖고 있지만 유기자원 혼합비율에 따라 유기물질의 형태 차이로 혼합유기질 발효비료 FB의 양분공급 효과가 FA보다 떨어지는 것으로 판단된다. 혼합유기질 발효비료 100% 처리에 비해 200% 처리 시 질소흡수량은 147, 168 kg ha⁻¹로 증가하였지만 이용효율은 19.9, 24.4%로 감소하여 비료의 시용량이 많아질수록 질소 이용효율 측면에서는 떨어지는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 다채, 적겨자 재배시 유박의 시용량이 증가할수록 유박의 질소 이용율은 감소하였으며^{24,25}, 무의 경우에도 혼합유기질비료 시비량이 증가하면 수량은 증가하지만 질소 이용율이 떨어진 결과와 유사하게 나타났²⁶. 시비량이 증가할수록 질소 등 이용율이 감소하는 것은 그만큼 토양에 잔류하여 양분의 축적과 불균형을 가져오며, 양분의 유실 등으

로 환경에 부담을 줄 수 있으므로 비료의 적정사용이 중요하다²⁷. 이와 같은 결과를 볼 때 봄배추의 경우 혼합유기질 발효비료 FA가 혼합유박과 유사한 양분공급 효과가 있으며 경제적이고 친환경적인 양분관리를 위한 적정시비량 설정 연구가 추가적으로 필요한 것으로 사료된다.

3.3. 토양의 화학적 특성 변화

배추 재배 후 토양의 화학적 특성 변화를 보기 위해 조사한 처리구별 토양특성은 Table 5와 같다. pH는 비료 시비 후 무비구를 제외하고 낮아지는 경향을 보이지만 6.5~6.8 범위에서 처리간의 유의적인 차이는 없었다. 이러한 결과는 유기질비료 시비 후 토양의 pH가 낮아지고 시비량에 따른 차이가 없었다는 선행연구의 결과와 유사하였다^{24,25,28}. EC는 0.22~0.28 dS m⁻¹, 토양유기물 함량은 16.8~20.8 g kg⁻¹, 유효인산 함량은 134.2~190 mg kg⁻¹으로 처리간의 유의적인 차이는 없었다. 재배 후 토양의 치환성 양이온 K, Ca 및 Mg 함량은 무처리에 비해 높았으며 혼합유기질 발효비료와 혼합유박 처리간의 유의적인 차이를 나타냈다. 본 시험토양은 토양 중 치환성 양이온을 제외하고 배추재배를 위한 토양 적정범위에 미치지 못하는 척박한 토양으로 단기간 실험으로 양분의 집적에 대한 문제는 없을 것으로 판단된다. 그러나 Oh 등²⁹은 유기농자재의 연용시 토양의 인산 및 칼륨 등의 함량이 증가하고, 유기질비료로

Table 6. The Change of Microorganism in soil by Organic Fertilizers Application in Chinese Cabbage Cultivation

Treatment		Bacteria ($\times 10^7$ cfu g^{-1})	Actinomycetes ($\times 10^6$ cfu g^{-1})	Fungi ($\times 10^5$ cfu g^{-1})
MEC [†] 100		8.6bc [‡]	9.8b	4.2a
FA	100	11.7ab	16.5b	3.8a
	200	16.7a	12.7b	5.1a
FB	100	9.0bc	18.6b	4.1a
	200	14.1ab	23.4a	4.3a
NF		4.9c	8.0b	2.8a

[†]MEC: mixed expeller cake; FA: mixed fermented organic fertilizer A(20% rice bran + 30% distillers dried grains + 30% sesame oil meal + 20% fish meal); FB: mixed fermented organic fertilizer B(10% rice bran + 40% distillers dried grains + 40% sesame oil meal + 10% fish meal); NF: no fertilizer.

[‡]Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test, $P < 0.05$).

N, P, K, 시용량을 조절할 수 없어 인산 등 양분이 집적된 토양에서는 유기질비료를 선택 할 때 주의가 필요할 것으로 보인다.

3.4. 토양 미생물상 분포

비료 시용 후 토양 미생물상 분포를 조사한 결과는 Table 6과 같다. 호기성 세균밀도는 비료처리구가 $8.6\sim 14.1 \times 10^7$ CFU g^{-1} 로 무비구(4.9×10^7 CFU g^{-1})에 비해 높았으며 혼합유기질 발효비료 시용량이 많을수록 세균 밀도도 증가하는 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 유박비료 시용량이 증가할수록 작물의 생육이 촉진되고 뿌리의 발달로 인해 근권의 세균 밀도가 증가하는 결과와 유사하게 나타났다^{5,24,25}). 방선균은 FB 200% 처리구가 23.4×10^6 CFU g^{-1} 로 높았으며 다른 처리구는 $8.0\sim 18.6 \times 10^6$ CFU g^{-1} 으로 유의적인 차이는 없었다. 사상균도 $2.8\sim 5.1 \times 10^5$ CFU g^{-1} 으로 처리간 유의적인 차이는 없었다. Kim 등³⁰)은 토양관리에 따른 토양의 화학성 즉 pH와 유기물의 차이가 미생물 군집 분포에 뚜렷하게 관련되어 있다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서 혼합유박과 제조한 혼합유기질 발효비료 처리 후 토양의 pH와 유기물이 처리간의 뚜렷한 차이가 없었기 때문에 미생물상 분포에도 큰 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 수입유박 대체자재 개발을 위해 미강, 주정박, 참깨박, 어분의 혼합비율을 달리하여 발효시킨 비료2종(FA, FB)을 제조하여 양분공급 효과를 혼합유박과 비교하였다. 혼합유기질 발효비료의 시용효과는 혼합유박과 비교하여 배추 수량은 FA 100% 처리구가 $63,043$ kg ha^{-1} 로 혼합유박 처리구와 통계적인 유의차는 없었으며 FB 100%는 혼합유박 대비 86%를 나타냈다. 배추의 질소이용은 FA 100% 처리가 혼합유박과 대등한 질소흡수량과 이용효율을 보였다. 재배 후 토양 화학성은 처리간의 유의적인 차이는 없었으며 재배 후 토양의 세균 밀도는 무비구에 비해 비료 처리구가 높고 혼합유기질 발효비료 시용량이 많을수록 증가하였으나 방선균과 사상균의 밀도는 처리구별 유의적인 차이는 없었다. 따라서 제조한 혼합유기질 발효비료 FA는 수입유박 대체자재로 혼합유박과 대등한 양분공급 효과가 있음을 확인하였으며 배추 재배를 위한 양분공급자재로 유기질비료를 대체 할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ013515012020)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

1. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), The National Fourth Five-Year Plan for Environmental Agriculture, (2016).
2. Kim, M. S., Kim, S. C., Yun, S. G., Park, S. J. and Lee, C. H., "Quality characteristics of commercial organic fertilizers circulated", *J. of the KORRA*, 26(1), pp. 21~28. (2018).
3. Cho, S. H. and Chang, K. W., "Nitrogen mineralization of oil cakes according to changes in temperature, moisture, soil depth and soil texture", *J. of the KORRA*, 15(1), pp. 149~158. (2007).
4. An, N. H., Lee, S. M., Cho, J. R. and Lee, C. R., "Estimation of agricultural by-products and investigation on nutrient contents for alternative of imported oil-cake", *J. of KORRA*, 27(4), pp. 71~81. (2019).
5. 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 effect 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).
6. Yoon, J. O., "Studies on the preparation of food proteins from castor bean protein", *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 12(4), pp. 263~217. (1980).
7. Cho, K. R., Won, T. J., Kang, C. S., Lim J. W. and Park K., Y., "Effect of mixed organic fertilizer application with rice cultivation on yield and nitrogen use efficiency in paddy field", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 42(3), pp. 152~159. (2009).
8. Lee, S. M., "Long-term effects of organic matters in upland soil", Research Report, National Institute of Agricultural Science, pp. 211~224. (2009).
9. Lee, J. T., Lee, C. J. and Kim, H. D., "Changes in Physiochemical properties and microbial population during fermenting process of organic fertilizer", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 37(2), pp. 263~217. (2004).
10. Kengo, Y. and Xu, H. L., "Properties and applications of an organic fertilizer inoculated with effective microorganism", *J. of crop production*", 3(1), pp. 255~265. (2001).
11. Madelaine, Q. and Cecilia, C., "Bokashi as an amendment and source of nitrogen in sustainable agricultural systems: a review", *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 19(1), pp. 237~248. (2019).
12. Xu, L., "Effect of microbial inoculant and organic fertilizers on the growth, photosynthesis and yield of sweet corn", *J. Crop Prod.*, 3(1), pp. 183~214. (2001).
13. Zaman, A., Ahmed, M. and Gogoi, P., "Effect of bokshi on plant growth, yield and essential oil quantity and quality in patchouli(*Pogostemon Cablin Benth.*)", *Biosci. Biotech. Res. Asia*, 7(1), pp. 383~387. (2010).
14. Lee, J. T., Ha, I. J., Moon, J. S. and Song, W. D., "Comparison of liquefying of mixed organic fertilizer as affected by aeration time and the ratio of organic fertilizer to water", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 40(2), pp. 263~217. (2007).
15. Rural Development Administration(RDA), Chinese cabbage standard cultivation manual, Rural Development Administration(RDA), Korea. (2010).
16. National Institute of Agricultural Science(NIAST), Investigation and standard for agriculture experiment, Rural Development Administration(RDA), Korea. (2000).
17. National Institute of Agricultural Science(NIAST), Analysis methods of soil and plant, Rural Development Administration(RDA), Korea. (2010).
18. Yoon, H. B., Lee, J. S., Lee, Y. J., Kim, M. S. and Lee, Y. B., "Effect of different colored polyethylene much on the change of soil temperature and yield of chinese cabbage in autumn season", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 45(4), pp. 511~514. (2012).
19. Suh, J. S., Kwon, J. S. and Noh, H. J., "Effect of the long-term application of organic matters on microbial diversity in upland soils", *Korea J. Soil*

- Sci. Fer., 43(6), pp. 987~994. (2010).
20. Kim, S. H., Hwang, H. Y., Park, S. J., Kim, S. C. and Kim, M. S., "Evaluation of preplant Optimum application rate of mixed expeller cake in chinese cabbage cultivation at the field", J. of the KORRA., 27(3), pp. 41~48. (2019).
 21. Cho, Y. S., Lee, B. Z. and Chea, Z. R., "Nitrogen mineralization of cereal straw and vetch in paddy soil by test tube analysis", Korean J. Crop Sci., 44(2), pp. 25~36. (1999).
 22. Calderon, F. J., McCarty, G. W. and Reeves III, J. B., "Analysis of manure and soil nitrogen mineralization during incubation", Biol. Fertil. Soils, 41, pp. 328~336. (2005).
 23. Won, T. J., Cho, K. R., Kang, C. S., Roh, A. S. and Lim J. W., "Effects of different oil cakes on nitrogen use efficiency and lettuce yield in plastic film house soils", Korean J. Soil Sci. Fert., Spring Conference, pp. 147. (2009).
 24. Kim, K. C., Ahn, B. G., Ko, D. Y. Kim, J. and Jeong, S. S., "Effect of expeller cake fertilizer on soil properties and Tah Tasai chinese cabbage yield in organic greenhouse Farm", Korean of Envi. Agri., 33(3), pp. 149~154. (2014).
 25. Kim, K. C., Ahn, B. G., Ko, D. Y. Kim, J. and Jeong S. S., "Effect of expeller cake fertilizer application on soil properties and Red Mustard yield in soil organic farm of plastic film greenhouse", Korean J. Soil Sci. Fert., 45(6), pp. 1022~1026. (2012).
 26. 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 of radish as affected by amount of organic fertilizer in a volcanic ash soil", Korean J. Org. Agric., 23(4), pp. 829~846. (2015).
 27. Zgbarth, B. J., Bowen, P. A. and Toivonen, P. M. A., "Influence of nitrogen fertilization on Broccoli yield, nitrogen accumulation and apparent fertilizer-nitrogen recovery", Can. J. plant Sci., 75, pp. 717~725. (1995).
 28. 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).
 29. Oh, J. S., Sung, L. J., Kang, K. H., Kim, H. T., Chung W. B. and Jeong S. J., "Effect of continuous application of organic farming materials on the soil physicochemistry property and plant growth, yield and components of tomato", Korean J. organic agric., 9(1), pp. 75~89. (2001).
 30. Kim Y. S., Lee Y. M., Weon, H. Y., Sang M. K. and Song, J. K., "Comparative analysis of soil microbial communities between conventional and organic farming systems in pepper cultivation", Korean J. organic agric., 28(2), pp. 235~250. (2020).