

## 국내산 유기자원 우각을 활용한 유기질비료의 작물 생육 및 수량에 미치는 영향

장재은<sup>a†</sup>, 임갑준<sup>b</sup>, 이진구<sup>b</sup>, 윤승환<sup>a</sup>, 홍상은<sup>c</sup>, 신기해<sup>c</sup>, 강창성<sup>b</sup>, 홍순성<sup>b</sup>

### Application Effects of Organic Fertilizer Utilizing Livestock Horn Meal as Domestic Organic Resource on the Growth and Crop Yields

Jae-Eun Jang<sup>a†</sup>, Gab-June Lim<sup>b</sup>, Jin-Gu Lee<sup>b</sup>, Seuong-Hwan Yoon<sup>b</sup>, Sang Eun Hong<sup>c</sup>,  
Ki Hae Shin<sup>c</sup>, Chang-Sung Kang<sup>b</sup>, Sun-Seong Hong<sup>b</sup>

(Received: Apr. 30, 2019 / Revised: Jun. 18, 2019 / Accepted: Jun. 18, 2019)

**ABSTRACT:** Objective of this study was to develop an organic fertilizer utilizing domestic livestock horn meal and to investigate the application effect of rice and eggplant. The possibility of utilization of livestock horn meal as an organic resource to replace imported expeller cake fertilizer was examined. In order to select domestic organic resources with high nitrogen content, 8 kinds of organic matter such as chicken manure, fish meal, soybean meal, sesame meal, perilla meal, blood meal, livestock horn meal, and beer sludge were analyzed and organic resources with high nitrogen content were selected. In addition, the conditions for the production of organic fertilizers that can be used in organic agriculture were established by mixing of the rice husk biochar and the rice bran as the supplements with the raw materials for mixing ratios. The content of total nitrogen (T-N) in the livestock horn meal was 12.0 %, which was the next low in 13.5 % blood meal. The content of total nitrogen was 5.9 ~ 7.9 % in fish meal and oil cakes. Total nitrogen content of non-antibiotic chicken manure for organic farming was 3 % and nitrogen content in beer sludge was 3.5 %. Organic fertilizer was produced by using biochar, rice bran as a main ingredient of non-antibiotic chicken manure, livestock horn meal and beer sludge. Compared to nitrogen content (4.0 to 4.2 %) of imported expeller cake fertilizer (ECF), the nitrogen content of organic fertilizer utilizing domestic livestock horn meal is as high as 7.5 %. The developed organic fertilizer is met as Zn 400 mg/kg, Cu 120 mg/kg the quality of organic agricultural materials such as or less. To investigate the effect of fertilizer application on the crops, prototypes of developed organic fertilizer were used for the experiment under selected conditions. As a result of application the developed organic livestock horn meal fertilizer (LHMF) for cultivation of the rice and eggplant, the application quantity of the developed organic LHMF 100 % was decreased by 40 % compared to that of the mixed expeller cake fertilizer (MECF). The application of LHMF, which refers to the application rate corresponding to the nitrogen fertilization recommended by the soil test, was reduced by 40% compared to the application rate of MECF, but the same results were obtained in crop growth and yield. The selection of a new high concentration nitrogen source utilizing domestic organic resources and the development of organic fertilizer is the starting point of the research for substitution of imported ECF using domestic local resources at the present time that the spread of eco-friendly agriculture is becoming increasingly important. If it is expanded in the future, it is expected to contribute to the stable production of eco-friendly agricultural products.

**Keywords:** Organic fertilizer, Domestic organic resource, Livestock horn, Rice, Eggplant

<sup>a</sup> 경기도농업기술원 연구사(Researcher, Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services)

<sup>b</sup> 경기도농업기술원 연구관(Senior Researcher, Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services)

<sup>c</sup> 경기도농업기술원 연구원(Research Assistant, Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services)

† Corresponding author(e-mail: [jje1049@gg.go.kr](mailto:jje1049@gg.go.kr))

**초 록:** 본 연구는 국내산 우각이 혼합된 유기질비료를 개발하여 가장 많은 유기재배 면적을 차지하고 있는 벼를 포함하여 가지에 대한 시용효과를 조사하고 수입 유박을 대체할 유기자원으로 우각의 활용가능성을 구명하고자 실시하였다. 질소함량이 높은 국내산 유기자원 선별을 위하여 계분, 어분, 콩깻묵, 참깻묵, 들깻묵, 혈분, 우각, 맥주오니 등 8종을 분석하여 질소함량이 높은 유기자원을 선별하였고 보조제로 왕겨 바이오차, 미강 등을 원료별, 혼합비율별로 혼합하고 성분을 분석하여 유기농업에 사용 가능한 유기질비료 제조조건을 확립하였다. 우각은 전질소(T-N) 함량이 12.0 %로 높아 혈분 13.5 % 다음으로 높았으며 어분 및 깻묵은 전질소 함량이 5.9~7.9 % 수준이었다. 계분은 유기농업에 사용가능한 무항생제 산란계 계분을 사용하였으며, 맥주오니는 질소함량이 3.4 %로 나타났다. 무항생제 계분, 우각, 맥주오니 등을 주재료로 바이오차, 미강 등을 보조제로 사용하여 유기질비료를 제조한 결과, 수입유박의 질소함량(4.0~4.2 %) 대비 개발한 유기질비료의 질소함량은 7.5 %로 높고 중금속함량은 Zn 400 mg/kg, Cu 120 mg/kg 이하 등으로 나타나 질소 함량이 높고 유기농업자재 품질기준에 적합한 유기질비료를 개발하였다. 우각이 포함된 유기질비료를 사용하여 벼와 가지를 재배하면서 시용효과를 조사한 결과 토양검정질소시비량 기준 100 % 시용시 혼합유박 대비 시용량을 40 % 감소하였음에도 벼 생육 및 수량이 대등하였으며, 가지 재배시에도 동일한 결과를 나타내었다. 우각 등 국산 유기자원을 이용한 새로운 고농도 질소원 선별 및 이를 이용한 유기재배 적합 유기질비료 개발은 친환경농업 확대 보급의 중요성이 높아지고 있는 현 시점에서 지역자원을 이용한 기존 수입 혼합유박 대체 연구의 출발점이자 폐기되고 있는 국내 유기자원의 활용 방안 모색에서 큰 의미를 가지며 향후 확대 보급된다면 친환경농산물의 안정적 생산에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**주제어:** 유기질비료, 국내산 유기자원, 우각, 벼, 가지

## 1. 서 론

현재 국내 친환경농가에서 사용하고 있는 유기질비료의 대다수는 수입 유박으로 유박의 수입량은 117만톤, 1,448억원(17년)에 달한다. 하지만 유박의 사용은 원료의 안전성 우려 및 농림축산식품부의 자원순환과 토양환경 보존을 통한 지속가능한 농업을 추진하는 친환경농업 정책에 상충되므로 수입 유박을 대체할 수 있는 원료의 확보와 유박비료 자체를 대체할 수 있는 대체 비료 개발이 시급하게 필요한 실정이다.

수입 유박의 사용은 수입 저가 원료를 사용하여 가격면에서 저렴하나 수입유박 중 피마자박의 리신(Ricin) 성분의 독성에 대한 원료의 안전성 우려 및 동일한 비료의 장기간 사용시 토양 내 특정 성분의 과다 및 결핍 등이 우려되어 현재 국가적인 차원에서 대체 자원의 개발이 추진중이다. 또한 농업현장에서 친환경농업의 가치를 실천하기 위해서는 국내 유기자원의 발굴 및 순환이용기술의 지속적 개발이 필요하며 잠재적 환경오염원인 유박의 수입을 대체하는 것이 매우 중요하다.

유기성 폐기물의 일종인 동물성 잔재물은 소, 돼

지, 닭, 오리 등의 가축을 식용 목적으로 도축·도계하는 과정과 각종 육가공 식품을 만드는 과정에서 발생하는 가축, 내장, 지방, 피털, 발굽, 뿔 등의 가축 잔재물을 일컫는다.<sup>1)2)</sup> 동물성 잔재물의 재활용 처리시 부산물 비료나 퇴비로 재활용이 가능하고 특히 동물성 단백질과 지방성분이 높아 동물사료 원료가 되는 단미사료로 재활용되어 사료 내 유용한 단백질과 지방 공급원으로 유용하게 사용되고 있다.<sup>3)</sup> 특히 현재 도축장에서 발생하는 털, 발굽, 뿔 등 동물성 잔재물은 충분히 재활용이 가능하지만 현재 폐기물로 분류되어 있어 자원으로 활용 방안을 마련하는 것이 필요하다. 우각은 뿔뿔이라고도 불리며 소 등 가축의 뿔, 발굽 등을 건조하여 분쇄한 축산 폐기물로 질소함량이 12 %로 높은 유기자원으로 유기질비료의 원료로 사용될 가치가 높다. 또한 질소함량이 기존의 고농도 질소원으로 알려진 혈분과 유사한 수준으로 높으나 가격적인 측면에서는 혈분보다 저렴하여 유기질비료의 질소원으로 활용 가능성이 높은 유기자원이다.

바이오차(Biochar)는 목재칩과 가축분뇨와 같은 산림과 농축산업 등에서 발생한 부산물 바이오매스를 열분해(Pyrolysis)를 통해 만들어진 물질로 토양

개량 및 탄소격리, 온실가스 저감 등 다양한 목적으로 이용 가능하다고 보고되어 있다.<sup>4),5),6),7),8),9),10),11)</sup> 토양개량에 있어 바이오차 시용시 토양의 pH, 유기물, 전탄소(T-C) 함량이 증가하고 토양의 용적밀도가 낮아지고 공극률과 입단율이 증가하는 등 토양의 물리성이 개선되는 효과가 있다고 보고되어 있다.<sup>12)</sup> 또한 유기산을 중화하고 양분이용효율을 증가시킨다고 알려져 있어 토양개량제로서의 활용 가치가 높다. 따라서 이러한 효과가 있는 바이오차를 활용하기 위해 질소원으로 사용되는 주재료 이외에 보조제로 소량 혼합하여 유기질비료를 제조하였다.

본 연구는 국내산 우각을 혼합한 질소함량이 높은 유기질비료를 개발한 후 작물별 시용효과를 조사하여 수입 유박을 대체할 유기자원으로 우각의 활용가능성을 구명하고자 실시하였다. 국산 유기자원을 이용한 새로운 고농도 질소원 선별 및 이를 이용한 유기재배 적합 유기질비료 개발은 기존 수입 혼합유박 대체 및 친환경농산물의 안정적 생산에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 유기질비료 재료

수입유박을 대체할 수 있는 국산 유기자원을 주재료로 하는 유기질비료 개발을 위해 질소함량이 높은 유기자원 선별을 위하여 기존 문헌에서 질소함량이 높다고 알려진 자원 및 질소함량이 높은 새로운 원료 등을 중심으로 계분, 어분, 콩깻묵, 참깨묵, 들깨묵, 혈분, 우각, 맥주오니 등 8종을 1차적으로 선별하였다. 이러한 주재료 및 보조제로 왕겨 바이오차, 미강 등을 수집하여 성분을 분석하였다. 계분은 무항생제 산란계 계분을 사용하였으며 어분, 콩깻묵, 참깨묵, 들깨묵, 혈분, 우각은 유기농업자재로 인증된 시판제품을 구입하여 실험에 사용하였다. 맥주오니는 (주)한국효모의 부산물 중 화학물질이 첨가되지 않아 유기농업에 사용할 수 있는 맥주오니를 수집하여 실험에 사용하였다.

### 2.2. 우각 혼합 유기질비료 제조 조건

무항생제 산란계 계분, 우각, 맥주오니 등의 주재료 및 바이오차, 미강 등의 보조제를 원료별, 혼합비율별로 혼합하고 성분을 분석하여 유기농업에 사용 가능한 유기질비료 제조조건을 확립하여 수입유박 질소함량(4.0~4.2 %) 대비 질소함량이 높고 중금속이 Zn 400 mg/kg, Cu 120 mg/kg 이하 등 유기농업자재 품질기준에 적합한 유기질비료를 개발하였다.<sup>13)</sup>

### 2.3. 유기질비료 재료의 중금속 분석

중금속 분석은 풍건 마쇄 후 유발에서 미세하게 갈아 시료로 사용하였고, 시료 10 g을 125 ml 삼각플라스크에 취하여 카드뮴, 구리, 니켈, 납 및 아연은 0.1M-HCl, 비소는 1M-HCl 용액 각각 50 ml를 가하고 30 °C에서 각각 60분, 30분간 진탕한 후 여과지 No. 2로 여과하여 그 여액을 유도결합 플라즈마 발광광도 분석기(ICP-OES, GBC Integra XMP)를 사용하여 측정하였다.

### 2.4. 작물재배 및 시용효과

우각을 혼합하여 개발한 유기질비료의 시용효과를 구명하기 위해 선별된 제조조건으로 직경 6 mm, 두께 5 mm의 원형 입체 시제품을 제작하여 실험에 사용하였으며 포장시험은 경기도 화성시 경기도농업기술원내 논에서는 벼를 비닐하우스에서는 가지에 대하여 시험을 수행하였다. 벼는 참드림 품종을 재배하면서 수입 혼합유박 대비 개발 유기질비료를 토양검정 질소시비량 기준 50 %, 100 %, 150 % 등 총 5처리를 두고 시험구를 난괴법 3반복으로 배치하여 2018년 시험포장에 사용하면서 토양 이화학적, 작물생육 및 수량 등을 조사하였다. 가지는 축양 품종을 재배하면서 동일한 처리로 실험을 수행하여 개발 유기질비료의 시용효과를 조사하였다. 벼는 5월 20일 이앙 후 분얼초기, 분얼중기, 유수형성기, 출수기전, 수확기 등 시기별로 경시적 토양 화학성 및 생육 등을 조사하였고 10월 14일 수확하여 수확기 생육 및 생체중을 조사하였다. 가지는 4월 21일 정식하여 7월 30일까지 재배하면서 처리구별로 토양 화학성 및 정상과수, 과일의 무게, 당도 등을 조

사하였다. 벼와 가지의 생육 및 수량조사는 농촌진흥청의 농업과학기술 연구조사분석기준<sup>14)</sup>에 준하여 실시하였다.

## 2.5. 토양 및 식물체 분석

토양은 표토 15 cm를 채취 후 풍건하여 2 mm 체를 통과시켜 분석하였다. 토양 및 식물체 분석은 농촌진흥청의 토양 및 식물체 분석법<sup>15)</sup>에 준하였다. 토양 pH와 EC는 5배량의 물로 추출하여 초자전극법에 의하여 pH meter (Star A211, Orion, USA)와 EC meter (HI 9932, Hanna, Korea)로 각각 측정하였으며, 질소는 Kjeldahl 증류법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 분석하였다. 치환성양이온은 1N-NH<sub>4</sub>OAC (pH 7.0) 완충용액으로 추출하여 ICP (GBC Integra XL, Australia)를 이용하여 분석하였다. 퇴비와 식물체는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HClO<sub>4</sub>로 습식분해하여 질소는 Kjeldahl법, 인산은 Vanadate법, 치환성 양이온은 ICP (GBC Integra XL, Australia)를 이용하여 분석하였다. 유기물은 550 °C 전기로에서 회화시켜 회화 전후의 감량으로 계산하였다.

## 2.6. 통계처리

통계분석은 SAS 9.2 (Statistical Analysis System Institute Inc. 2002) package를 이용하여 분석하였으며, 측정 결과에 대한 통계 처리는 Duncan's multiple range test (DMRT) 방법으로  $p < 0.05$  수준에서 유의

성을 검정하여 상호 비교하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 비료원료별 성분특성

유기질비료 개발을 위해 계분, 어분, 콩깻묵, 참깨묵, 들깨묵, 혈분, 우각, 맥주오니(Fig. 1)의 성분을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 우각은 수분 8.7 %에서 전질소(T-N) 함량이 12.0 %로 높아 혈분 13.5 % 다음으로 높았으며 어분 및 깻묵은 전질소 함량이 5.9~7.9 % 수준이었다. 계분은 무항생제 산란계 계분을 사용하였으며 질소함량은 1.6 %, 맥주오니의 질소함량은 3.4 %로 나타났다. 국산 유기자원을 주 원료로 하는 유기질비료 제조를 위해 질소함량이 혈분 수준으로 높고 가격면에서도 저렴하여 경제성이 있는 우각을 질소원으로 선발하고, 계분, 맥주오니를 혼합하여 비료제조 조건을 확립하였다. 미강과 당밀은 유기질비료 제형을 위한 첨착성을 가진 조립제 역할로 사용하여 주재료에 소량 혼합하였으며 향후 산업화하여 대량 생산시 혼합 여부 및 혼합비를 조절이 필요할 것으로 생각된다. 바이오차는 시판되고 있는 왕겨바이오차를 사용하였으며 토양의 pH 보정 및 유기산 중화, 양분 이용효율 증대, 토양 내 탄소 고정 등의 효과가 보고되어 있어 비료의 부재료로 혼합하여 사용하였다.



Fig. 1. Domestic organic resources for organic fertilizer.

### 3.2. 비료의 성분특성

유기농업자재 개발시 농림축산식품부 「친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률 시행규칙」 별표 13 에 규정된 유기농업자재 기준 Zn 400, Cu 120, Cd 2, As 20, Pb 50, Ni 20, Cr 90, Hg 1 mg/kg 이하 등의 중금속 등 유해물질 함량에 대한 품질기준이 설정되어 있어 계분 및 보조제 혼합비를 조절이 필요하였다. 우각, 맥주오니, 무항생제 계분 등의 재료를 질소함량 및 중금속함량 등을 고려하여 유기질비료의 성분 및 혼합비율을 계분 31 % + 우각 30 % + 맥주오니 30 % + 바이오차 2 % + 당밀 5 % + 미강 2 %로 설정하였다. 우각을 혼합하여 개발한 유기질비료의 성분을 조사한 결과는 Table 2와 같이 질소 함량이 7.5 %로 기존 혼합유박

질소함량 4.2 % 대비 질소함량이 매우 높게 나타났으며 인산함량이 2.7 %, 칼륨함량이 1.9 %로 나타났다. 개발된 유기질비료는 질소 함량이 높은 혼합유기질비료로 수입 유박을 대체하여 사용하면 유박 대비 사용량을 40 % 정도 절감할 수 있어 노동력 절감이 가능한 유기질비료로 활용이 기대된다. 우각을 혼합하여 개발한 유기질비료의 중금속함량은 Fe 1,883, Zn 255, Mn 186, Cu 26, As 3.2, Pb 2.0, Ni 2.4, Cr 3.6 mg/kg으로 나타났으며 Cd와 Hg는 검출되지 않아 유기농업자재 품질기준에 적합하였다(Table 3).

### 3.3. 유기질비료 사용에 의한 토양 이화학성 변화

개발한 유기질비료를 토양검정시비량 질소 기준 50 %에서 150 %까지 사용량별로 처리하고 벼와 가

Table 1. The Chemical Properties of Domestic Organic Resources

Materials	pH	OM	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Moisture contents
	(1:5)	..... %.....							
Livestock horn meal	7.1	85.2	12.0	1.2	0.4	2.3	0.2	0.3	8.7
Fish meal	6.1	80.4	6.3	3.8	1.1	5.4	0.9	0.6	4.7
Soybean meal	6.5	85.1	7.9	1.7	2.9	0.6	0.6	0.6	7.7
Sesame meal	5.7	87.8	7.2	3.5	1.3	2.0	1.4	0.0	2.5
Perilla meal	6.7	92.8	5.9	2.6	1.0	0.7	0.7	0.0	1.3
Blood meal	6.6	82.1	13.5	0.2	0.2	0.1	0.0	0.3	16.4
Chicken manure	9.0	37.2	1.6	2.4	2.5	10.0	1.3	0.4	36.4
Beer sludge	4.5	38.7	3.4	1.3	0.5	0.5	0.2	0.0	57.8
Rice husk biochar	10.1	53.2	0.4	0.3	1.3	0.3	0.1	0.1	4.9

Table 2. The Chemical Properties of Organic Fertilizer Utilizing Domestic Livestock Horn Meal

Organic fertilizer	pH	OM	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Moisture contents
	(1:5)	..... %.....							
LHMF <sup>†</sup>	6.3	75.5	7.5	2.7	1.9	5.7	0.9	0.3	7.8
MECF <sup>‡</sup>	6.4	77.1	4.2	2.5	1.5	2.1	1.1	0.1	11.2

<sup>†</sup>LHMF, livestock horn meal fertilizer.

<sup>‡</sup>MECF, mixed expeller cake fertilizer.

Table 3. Heavy Metal Contents of Organic Fertilizer Utilizing Domestic Livestock Horn Meal

Organic fertilizer	Fe	Zn	Mn	Cu	Cd	As	Pb	Ni	Cr	Hg
	..... mg/kg.....									
LHMF <sup>†</sup>	1,883	255	186	26	0.0	3.2	2.0	2.4	3.6	0.0

<sup>†</sup>LHMF, livestock horn meal fertilizer.

지 재배후 토양의 화학성을 조사한 결과는 Table 4, Table 5와 같다. 벼 재배시 개발 유기질비료를 사용한 경우 혼합유박 시용구 대비 시용량이 증가할수록 토양의 pH가 증가하였다. 이는 개발 유기질비료의 원료에 pH가 높은 바이오차가 포함되어 있어 토양의 pH가 증가한 것으로 판단된다. 또한 개발 유기질비료의 시용량이 증가할수록 토양의 유기물, 유효인산, 치환성 칼륨 함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 가지 재배시에도 처리구별 토양의 화학성은 개발비료 시용량이 증가할수록 토양의 유기물, 유효인산, 치환성 칼륨 함량이 증가하였다.

벼 재배후 토양의 물리성은 무시용 대비 개발 유기질비료 시용량이 증가할수록 입단율이 통계적으로 유의성 있게 증가하였다. 가지 재배시에도 개발 유기질비료를 시용량별로 처리한 결과 토양의 물리성은 무시용 대비 개발비료 시용량이 증가할수록 입단율이 증가하였으나 통계적 유의성은 나타나지

않았다(Table 6). 토양입단은 토양미생물, 식물뿌리 등의 생물학적 작용과 유기물, 양이온 등이 종합적으로 작용하여 형성된다고 보고되어있다.<sup>16)</sup> 개발 유기질비료를 사용한 경우 입단율이 증가하는 이유는 개발 유기질비료의 원료로 계분, 우각 등이 사용되어 토양의 유기물 함량과 질소 함량이 높아져 뿌리 발달이 증가 및 미생물 활성 등으로 인한 영향으로 판단된다. 또한 유기질비료 시용에 의한 토양 화학성 및 물리성 변화는 단기간 사용보다는 연용시 효과가 증가될 것으로 생각되어 추후 연용에 대한 시험이 수행되어야 할 것으로 생각된다.

### 3.4. 유기질비료 시용에 의한 토양 미생물상 변화

벼 재배시 우각을 혼합한 유기질비료를 사용하면 토양의 미생물상을 조사한 결과 혼합유박 대비 개발 유기질비료 시용시 호기성세균이 통계적으로 유의성있게 증가하는 경향을 나타내었으며 가지 재

Table 4. Chemical Properties of Soil by Organic Fertilizer Utilizing Domestic Livestock Horn Meal Application in Rice Cultivation

Treatments	pH	OM	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> -N	Ex.cation		
						K	Ca	Mg
	(1:5)	g/kg	..... mg/kg.....	..... cmol <sub>c</sub> /kg.....				
No treatment	6.3	23	31	120	3.0	0.36	8.8	1.6
MECF <sup>‡</sup> 100%	6.3	27	35	126	3.5	0.35	9.5	1.8
LHMF <sup>†</sup> 50%	6.5	25	32	112	3.3	0.38	9.4	1.7
LHMF 100%	6.5	26	35	118	3.8	0.40	9.5	1.8
LHMF 150%	6.7	26	37	117	3.8	0.38	9.4	1.8

<sup>†</sup>LHMF, livestock horn meal fertilizer.

<sup>‡</sup>MECF, mixed expeller cake fertilizer.

Table 5. Chemical Properties of Soil by Organic Fertilizer Utilizing Domestic Livestock Horn Meal Application in Eggplant Cultivation

Treatments	pH	EC	OM	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NO <sub>3</sub> -N	Ex.cation		
						K	Ca	Mg
	(1:5)	dS/m	g/kg	..... mg/kg.....	..... cmol <sub>c</sub> /kg.....			
No treatment	6.9	0.7	12.4	158	11.8	0.20	8.5	3.0
MECF <sup>‡</sup> 100%	6.2	3.3	13.3	195	23.0	0.24	9.4	3.7
LHMF <sup>†</sup> 50%	6.4	1.4	12.7	164	7.9	0.22	8.9	3.2
LHMF 100%	6.3	1.8	14.0	181	27.0	0.24	9.0	3.1
LHMF 150%	6.5	1.4	14.8	191	24.3	0.25	8.8	3.1

<sup>†</sup>LHMF, livestock horn meal fertilizer.

<sup>‡</sup>MECF, mixed expeller cake fertilizer.

배시에도 동일하게 증가하는 경향을 나타내었다 (Table 7). 이는 개발 유기질비료 시용량이 증가할수록 작물의 생육이 촉진되어 뿌리의 발달 및 이로 인한 근권의 호기성세균 및 방선균이 증가한 것으로 판단된다. 개발 유기질비료를 작물에 시용하였을 때 기존 혼합유박에 비해 작물 생육이 촉진되는 이유는 주재료 중 맥주오니가 맥아와 맥주효모 부산물로 구성된 물질로 효모는 필수아미노산을 풍부하게

함유하고 있으며 난분해성 물질을 분해하여 작물에 대한 이용효율을 높인다고 알려져 있어 현재 유용 미생물의 종류로 농업에 활발하게 이용되고 있는 것과 관련되는 것으로 판단된다.<sup>17)</sup> 비료 내 함유된 효모와 부속된 유기질인 계분을 사용함에 따라 미생물이 증가한 것으로 생각된다.

Table 6. Physical Properties of Soil after Application of Organic Fertilizer Utilizing Domestic Livestock Horn Meal

Treatments	Bulk density	Porosity	Aggregate
	Mg/m <sup>3</sup>	..... %.....	
Rice	No treatment	56.2a	17.5b
	MECF †100%	1.14a	25.5ab
	LHMF †50%	1.14a	23.5ab
	LHMF 100%	1.15a	26.2ab
	LHMF 150%	1.14a	30.1a
Eggplant	No treatment	44.7a	20.3a
	MECF †100%	1.43a	20.7a
	LHMF †50%	1.44a	21.0a
	LHMF 100%	1.43a	23.0a
	LHMF 150%	1.43a	23.0a

†LHMF, livestock horn meal fertilizer.

‡MECF, mixed expeller cake fertilizer.

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

Table 7. The Change of Microorganism in Soil by Organic Fertilizer Utilizing Domestic Livestock Horn Meal Application in Eggplant Cultivation

Treatments	Aerobic bacteria(×10 <sup>6</sup> )	Fungi(×10 <sup>4</sup> )	Actinomycetes(×10 <sup>3</sup> )
	..... cfu/g.....		
Rice	No treatment	4.8b	8.8a
	MECF 100%	11.5a	6.2a
	LHMF 50%	4.4b	4.1a
	LHMF 100%	2.2b	3.2a
	LHMF 150%	4.9b	8.2a
Eggplant	No treatment	4.1a	1.1a
	MECF 100%	3.0a	1.8a
	LHMF 50%	2.9a	1.5a
	LHMF 100%	6.9a	4.5a
	LHMF 150%	5.2a	4.5a

†LHMF, livestock horn meal fertilizer.

‡MECF, mixed expeller cake fertilizer.

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

## 3.5. 유기질비료 시용에 의한 작물 생육 및 수량

우각을 혼합하여 개발한 유기질비료를 시용량별로 처리하여 포장시험을 수행하여 벼와 가지 생육 및 수량 등을 조사하였다. 벼 유기재배시 개발한 유기질비료의 효과를 구명하기 위하여 연구를 수행한 결과는 Table 8과 같다. 이양후 처리구별 생육은 이양 후 28일 분얼중기 개발 유기질비료를 토양검정 질소시비량 기준 100 % 시용시 혼합유박 100 % 시용구와 초장과 경수가 대등하였고 개발 유기질비료의 시용량이 증가할수록 초장이 증가하여 생육이 양호하였으며 50 % 시용시 초장과 경수가 무시용구 다음으로 작고 엽색도가 낮았다. 이양 후 90일 처리구별 생육은 유기질비료 100 % 시용시 혼합유박 100 % 시용구와 초장과 경수 및 엽색도가 대등하였고 150 % 시용시 초장이 가장 높게 나타났다. 벼 성

숙기 생육 및 수량구성요소는 Table 9와 같이 개발 유기질비료 시용량이 증가할수록 간장, 수장, 수수가 증가하였으며 개발 유기질비료 100 % 시용시 혼합유박 100 % 시용구, 3요소 토양검정시비구와 대등한 경향을 나타내었다. 수당립수, 등숙비율 및 정현비율은 처리구간 차이가 없었다. 현미 천립중과 쌀 품질 및 수량을 조사한 결과는 Table 10과 같이 개발 유기질비료 100 % 시용시 현미 천립중은 21.6g으로 혼합유박 100 % 시용구 21.7g과 통계적으로 유의성 있게 대등하였으며 완전미 수량은 개발 유기질비료 100 % 시용시 혼합유박 100 % 시용구와 대등한 수량을 나타내었다. 개발 유기질비료 시용량이 증가할수록 단백질함량이 증가하여 식미치가 낮아졌다. 완전미 수량은 개발 유기질비료 100 % 시용시 혼합유박 100 % 시용구와 수량이 통계적으로

Table 8. The Application Effect of Organic Fertilizer Utilizing Domestic Livestock Horn Meal in Rice Cultivation

Days after transplanting	Treatments	Plant height	Tiller	Leaf color
		..... cm.....	no./plant	SPAD value
14	No treatment	21.6b	5.7c	-
	MECF 100%	22.4b	9.2a	-
	LHMF 50%	22.3b	8.1b	-
	LHMF 100%	22.1b	9.7a	-
	LHMF 150%	23.5a	9.6a	-
28	No treatment	27.6c	8.4b	34.0c
	MECF 100%	32.5ab	17.5a	40.7b
	LHMF 50%	30.6b	14.7a	39.7b
	LHMF 100%	32.1ab	17.9a	42.2a
	LHMF 150%	33.3a	19.0a	41.1a
60	No treatment	62.7d	16.6c	33.1b
	MECF 100%	76.5ab	25.8ab	36.9a
	LHMF 50%	71.0c	22.6b	35.9ab
	LHMF 100%	75.1b	25.7ab	36.0ab
	LHMF 150%	79.2a	27.8a	38.5a
90	No treatment	89.2d	15.1c	34.8a
	MECF 100%	106.5ab	22.7a	35.9a
	LHMF 50%	96.6c	19.9b	35.2a
	LHMF 100%	103.2b	21.2ab	36.3a
	LHMF 150%	108.8a	23.1a	36.9a

<sup>†</sup>LHMF, livestock horn meal fertilizer.

<sup>‡</sup>MECF, mixed expeller cake fertilizer.

<sup>‡</sup> Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test,  $p < 0.05$ ).



유의성 있게 대등하였으며 개발 유기질비료 150 % 시용시 가장 높은 수량을 나타내었으나 통계적으로 유의성은 없었다. 개발 유기질비료 시용량에 따른 완전미 수량을 회귀식으로 나타내었을 때 R<sup>2</sup> 값이 0.9998로 높은 상관관계를 나타내어 혼합유박 대비 개발 유기질비료 시용량을 40 % 정도 감소하였음에도 혼합유박과 개발한 유기질비료는 동일한 수준의 시용효과를 나타내었다. 이는 개발한 유기질비료 시용시 혼합유박 대비 40 % 적은 시용량으로 동일한 효과를 나타내어 노동력 절감에 기여할 것으로 판단되었다(Fig. 2).

가지를 유기재배하면서 개발한 유기질비료의 시용효과를 조사한 결과도 벼를 재배한 경우와 마찬가지로 개발 유기질비료 시용량이 증가할수록 정식 후 60일 초장이 증가하였으며, 개발 유기질비료 토양검정 질소시비량 기준 100 % 시용시 혼합유박 100 % 시용구와 생육이 대등하게 나타났다(Table 11). 가지

를 4월 21일 정식하여 7월 30일까지 재배하면서 우각을 혼합한 개발 유기질비료의 시용효과를 조사한 결과도 벼 유기재배시와 동일하게 100 % 시용시 혼

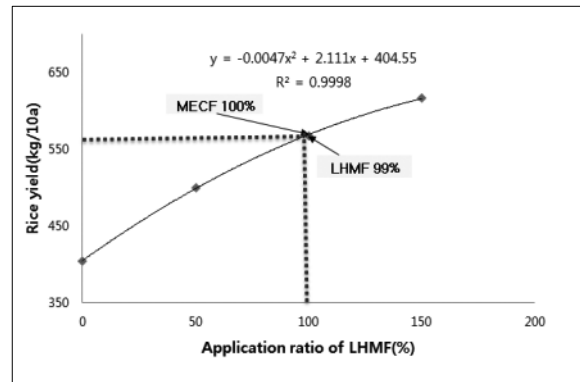


Fig. 2. The yield of milled rice by organic fertilizer utilizing domestic livestock horn meal application.

†LHMf, livestock horn meal fertilizer.

‡MECF, mixed expeller cake fertilizer.

Table 9. Comparison of Yield Components and Milled Rice Yield by Organic Fertilizer Utilizing Domestic Livestock Horn Meal Application

Treatments	Clum length ..... cm.....	Panicle length ..... no.....	Panicles/hill ..... no.....	Spikelets/panicle ..... no.....	Grain filling ratio ..... %.....	Brown/rough rice ratio ..... %.....
No treatment	65.8d	17.7c	15.0d	108a	89.8a	81.5a
MECF 100%	77.3ab	18.2ab	24.7ab	103a	83.1a	81.4a
LHMf 50%	71.6c	17.6c	20.7c	95a	88.1a	81.9a
LHMf 100%	76.7b	18.8a	23.6ab	102a	87.8a	81.6a
LHMf 150%	80.0a	18.6a	25.6a	108a	82.3a	81.5a

†LHMf, Livestock horn meal fertilizer.

‡MECF, Mixed expeller cake fertilizer.

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

Table 10. The Rice Yield and Edible Quality by Organic Fertilizer Utilizing Domestic Livestock Horn Meal Application

Treatments	Wt. of 1,000 grains ..... g.....	Amylose content ..... %.....	Protein content ..... %.....	Taste Satake	Yield		Yield index
					Unhulled rice ..... kg 10a <sup>-1</sup> .....	Milled rice	
No treatment	21.1b	16.6a	4.7d	87.4a	458b	404d	73
MECF 100%	21.7a	16.2c	5.5b	86.0ab	632a	557b	100
LHMf 50%	21.7a	16.4b	5.0c	85.4b	573a	500c	90
LHMf 100%	21.6ab	16.1c	5.5b	84.7b	641a	567ab	102
LHMf 150%	21.7a	16.2c	6.0a	76.7d	662a	616a	111

†LHMf, livestock horn meal fertilizer.

‡MECF, mixed expeller cake fertilizer.

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

Table 11. The Growth of Eggplant by Organic Fertilizer Utilizing Domestic Livestock Horn Meal Application

Treatments	plant height	leaf length	leaf width
	..... cm.....		
No treatment	108.3c	34.1a	21.0a
MECF 100%	117.7ab	36.0a	22.2a
LHMF 50%	115.1b	35.1a	22.4a
LHMF 100%	117.2ab	35.8a	21.5a
LHMF 150%	119.9a	34.6a	23.0a

<sup>†</sup>LHMF, livestock horn meal fertilizer.

<sup>‡</sup>MECF, mixed expeller cake fertilizer.

<sup>‡</sup> Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test,  $p < 0.05$ ).

Table 12. The Fresh Yield of Eggplant by Organic Fertilizer Utilizing Domestic Livestock Horn Meal Application

Treatments	Average fruit height	Average fruit width	Average fruit weight	No. of fruits	Fresh yield	Sugar content
	..... cm.....	..... g.....	no./plant	kg/10a	Brix	
No treatment	18.5a	5.3a	183.5a	12.6c	4,316c	4.6a
MECF 100%	19.3a	5.4a	188.4a	15.9ab	5,277ab	4.6a
LHMF 50%	19.4a	5.3a	185.6a	15.0b	4,983b	4.7a
LHMF 100%	19.1a	5.3a	187.8a	16.4a	5,224ab	4.6a
LHMF 150%	19.2a	5.4a	184.8a	17.1a	5,569a	4.6a

<sup>†</sup>LHMF, livestock horn meal fertilizer.

<sup>‡</sup>MECF, mixed expeller cake fertilizer.

<sup>‡</sup>Numbers with the same letter within a column are not significantly differed (Duncan's test,  $p < 0.05$ ).

합유박 대비 시용량 40 % 감축한 경우에도 혼합유박 100 % 시용구 대비 수량이 대등하였으며, 개발비료 시용량이 증가할수록 수량이 증가하여 개발비료 150 % 시용시 최대수량을 나타내었다. 유기질비료 시용량이 증가할수록 정상과수가 증가하여 수량이 증가하였으나 개발 유기질비료 100 % 시용구와 150 % 시용구는 통계적으로는 유의성이 나타나지 않았으며 개발 유기질비료 토양검정 질소시비량 기준 100 % 시용시 5,224kg/10a로 혼합유박 100 % 시용시 5,277kg/10a와 수량이 대등하게 나타났다. 과장, 과경, 과중, 당도에 는 처리별 차이가 없었다(Table 12).

#### 4. 결론

본 연구는 수입 유박을 대체할 유기자원으로 국내산 우각을 혼합한 질소함량이 높은 유기질비료를 개발하여 작물별 시용효과를 조사하여 수입 유박을

대체하여 유기농업에 활용할 수 있는 유기자원으로 우각의 활용가능성을 구명하고자 실시하였다.

질소함량이 높은 국내산 유기자원으로 우각을 선 발하였고 이에 무항생제 계분, 맥주오니를 주재료로 혼합하고 바이오차, 미강 등을 보조제로 사용하여 원료별, 혼합비율별로 혼합하고 성분을 분석하여 유기농업자재 품질기준에 적합한 유기질비료 제조조건을 확립하였다. 개발된 유기질비료는 수입유박의 질소함량(4.0-4.2 %) 대비 질소함량은 7.5 %로 높고 중금속함량이 유기농업자재 품질기준에 적합하였다. 개발된 유기질비료를 사용하여 벼와 가지를 재 배하면서 시용효과를 조사한 결과, 토양검정 질소시 비량 기준 100 % 시용시 혼합유박 대비 시용량을 40 % 감소하였음에도 벼 생육 및 수량이 대등하였 으며, 가지 재배시에도 동일한 결과를 나타내었다. 농업현장에서 친환경농업의 가치를 실천하기 위해 서는 국내 유기자원의 발굴 및 순환이용기술의 지 속적 개발이 필요하며 잠재적 환경오염원인 유박의

수입을 대체하는 것이 매우 중요하다. 따라서 국산 유기자원을 이용한 새로운 고농도 질소원 선발 및 이를 이용한 유기재배 적합 유기질비료 개발은 기존 수입 혼합유박 대체 및 친환경농산물의 안정적 생산에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## References

1. Lee, S. J. and Kim, N. C., "Status & Suggestions on Regulation of Livestock-fat Residues", Journal of the Korea Organic Waste Recycling Council, 1(2), pp. 209~219. (1993).
2. Kim, N. C., Lee, S. J., Shin, H. S., Song, Y. C., "Management and Recycling of the Animal Fat Residue", Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association, 1(2), pp. 287~298. (1993).
3. Lee, J. H. and Phae, C. G., "Investigation of the Current Status on Generation Route and Recycling of Residue derived Animals", Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association, 17(2), pp. 81~92. (2009).
4. Seo, Y. H., Kim, S. W., Choi, S. C., Kim, I. J., Kim, K. H., Kim, G. Y., "Effects of green manure crop and biochar on nitrous oxide emission from red pepper field", Korean J. Soil Sci. Fer., 45(4), pp. 540~543. (2012).
5. Kim, M. H., Kim, G. H., "Analysis of Environmental Impacts for the Biochar Production and Soil Application", J. Kor. Soc. Environ. Eng., 36(7), pp. 461~468. (2014).
6. Choi, Y. S., Shin, J. D., Lee, S. I., Kim, S. C., "Adsorption Characteristics of Aqueous Ammonium Using Rice hull-Derived Biochar", Korean J Environ Agric., 34(3), pp. 155~160. (2015).
7. Shin, J. D., Choi, Y. S., Lee, S. I., "Estimation of Carbon Sequestration and Its Profit Analysis with Different Application Rates of Biochar during Corn Cultivation Periods", Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association, 24(3), pp. 83~90. (2016).
8. Liang, F., Li, G. T., Lin, Q. M., Zhao, X. R., "Crop yield and soil properties in the first 3 years after biochar application to a calcareous soil", J. Integr. Agr., 13(3), pp. 525~532. (2014).
9. Ahmad, M., Ok, Y. S., Rajapaksha, A. U., Lim, J. E., Kim, B. Y., Ahn, J. H., Lee, Y. H., Al-Wabel, M. I., Lee, S. E., Lee, S. S., "Lead and copper immobilization in a shooting range soil using soybean stover- and pine needle-derived biochars: Chemical, microbial and spectroscopic assessments", J. Hazard. Mater. 301, pp. 179~186. (2016).
10. Chen, J., Li, S., Liang, C., Xu, Q., Li, Y., Qin, H., Fuhrmann, J. J., "Response of microbial community structure and function to short-term biochar amendment in an intensively managed bamboo (*Phyllostachys praecox*) plantation soil: Effect of particle size and addition rate", Sci. Total Environ., 574, pp. 24~33. (2017).
11. Woo, S. H., "Biochar for soil carbon sequestration", Clean Technology, 19(3), pp. 201~211. (2013).
12. Jang, J. E., Lim, G. J., Park, J. S., Shim, J. M., Kang, C. S., Hong, S. S., "Application Effects of Biochar Derived from Pruned Stems of Pear Tree on Growth of Crops and Soil Physico-chemical Properties", Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association, 26(4), pp. 11~19. (2018).
13. Jang, J. E., Lim, G. J., Lee, J. G., Hwang, J. E., Yoon, S. H., Kang, C. S., Park, I. T., Kim, S. J., "Organic Fertilizer Including Oxhorn and Preparing Method There of", Patent Registration(10-1895524), Korean Intellectual Property Office(KIPO). (2018).
14. National Institute of Agricultural Science and Technology(NIAST), "Investigation and standard for agriculture experiment", Rural Development Administration(RDA), Korea. (2003).
15. National Institute of Agricultural Science and Technology(NIAST), "Analytical methods of soil and plant", Rural Development Administration(RDA), Korea. (2000).

16. Kim. L. Y., Cho H. J., Han K. H., “Changes of Physical Properties of Soils by Organic Material application”, Korean J. Soil Sci. Fer., 37(5), pp. 304-314. (2004).
17. Park, I. C., Kim, J. S., Jung, J. A. and Yoo, J. H., “Characterization of Phosphate Solubilizing Yeasts from Korean Traditional Fermented Foods”, The Korean journal of mycology, 41(4), pp. 218~224. (2013).