

과제구분	기본	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제	연구분야	수행기간	연구실	책임자	
안전농산물 생산을 위한 작물안전성 연구	농업환경	'20~'22	농업기술원 환경농업연구과	한정아	
국산자원 이용 혼합유기질비료 현장적용연구	농업환경	'20~'22	농업기술원 환경농업연구과	조동현	
색인용어	유기질비료, 국산 유기자원, 축각분, 유기재배, 벼				

ABSTRACT

Currently, eco-friendly farmers in Korea mainly use oil-cake fertilizer. Most of the raw materials of oil-cake fertilizer are imported, and especially castor meal contains a poisonous ingredient called ricin. In order to replace the oil-cake fertilizer, the Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services developed an organic fertilizer utilizing domestic livestock horn meal in 2019. This study was conducted to investigate the application effect of this developed organic fertilizer in eco-friendly rice cultivation. The study sites were Hwaseong city('20~'21), Pyeongtaek city('20), Anseong city('21), and Paju city('22). The rice varieties were 'Chamdream' (Hwaseong city, Pyeongtaek city, Anseong city) and 'Jungdream' (Paju city). Fertilizer treatment was based on the amount of nitrogen application by soil testing. As a result of comparing the application effects of organic fertilizer utilizing domestic livestock horn meal and oil-cake fertilizer in eco-friendly rice cultivation, rice growth and yield were not significantly different. Therefore, organic fertilizers utilizing domestic livestock horn meal showed the possibility to replace the oil-cake fertilizer.

Key words: Organic fertilizer, Domestic organic resource, Livestock horn meal, Organic cultivation, Rice

1. 연구목표

현재 국내 친환경농가에서 사용하고 있는 유기질비료는 대부분 수입 유박이며, 아주까리 유박의 수입량은 2019년 기준으로 32만 5천톤에 달한다. 하지만 유박의 사용은 수입 농자재 원료 수급 불안정과 지속가능한 농업을 추진하는 친환경농업 정책에 상충되므로 수입 유박을 대체할 수 있는 원료와 유박비료를 대체할 수 있는 비료가 필요한 실정이다. 수입 유박의 사용은 수입 저가 원료를 사용하여 가격면에서 저렴하나 피마자박은 맹독물질인 리신(Ricin)을 함유하고 있으며, 동일한 비료의 장기간 사용시 토양 내 특정성분의 과다 또는 결핍 등이 우려되어 현재 국가적인 차원에서 대체 자원의 개발이 추진중이다. 또한 농업현장에서 친환경농업의 가치를 실천하기 위해서는 국내 유기자원의 활용 및 순환이용기술의 지속적 개발이 필요하며 잠재적 환경오염원인 유박의 수입을 대체하는 것이 매우 중요하다.

유기성 폐기물의 일종인 동물성 잔재물은 소, 돼지, 닭, 오리 등의 가축을 식용 목적으로 도축·도계하는 과정과 각종 육가공 식품을 만드는 과정에서 발생하는 가죽, 내장, 지방, 피털, 발굽, 뿔 등의 가축 잔재물을 일컫는다(김 등, 1993; 이 등, 1993). 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(이 등, 2009). 특히 현재 도축장에서 발생하는 털, 발굽, 뿔 등 동물성 잔재물은 충분히 재활용이 가능하지만 현재 폐기물로 분류되어 있어 자원으로 활용 방안을 마련하는 것이 필요하다. 축각분은 소, 돼지 등 가축의 뿔, 발톱 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.

따라서 본 연구는 수입 유박을 대체할 국산자원인 축각분을 활용한 혼합유기질비료(장 등, 2019)를 이용하여 벼 친환경재배시 유기질비료로 활용가능성을 구명하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

국산자원인 축각분을 활용하여 개발한 혼합유기질비료를 이용하여 벼 친환경재배시 유기질비료로 활용가능성을 구명코자 3년간(2020~2022년) 화성('20~'21), 평택('20), 안성('21), 파주('22)에서 현장적용연구를 수행하였다.

2020년에는 경기도 화성시에 소재한 경기도농업기술원 시험포장과 평택 현지

시험포장에서 시험을 수행하였으며, 벼 품종은 중만생종인 ‘참드림’ (장 등, 2019)을 사용하였다. 시비는 이앙 3주 전에 전량 기비로 시용하였으며, 비료 처리는 토양 검정 질소시비량 기준 혼합유박 1.0배량을 대조로 하여 화성지역에서는 무처리, 측각분 혼합유기질비료 1.0배량, 시판유기질비료 1.0배량을, 평택지역에서는 측각분 혼합유기질비료 1.0배량을 난괴법 3반복 처리하였다. 이앙은 화성지역 5월 21일, 평택지역 5월 8일에 하였으며, 재식거리는 화성지역, 평택지역 각각 30×18cm, 30×22cm로 하였다. 친환경재배이므로 제초는 우렁이를 이용하였으며, 병해충 방제는 유기농업자재를 사용하였다. 기타 재배관리는 벼 표준재배법(경기도농업기술원, 2020)에 준하여 재배하였다. 생육조사는 농촌진흥청 시험연구조사기준(농촌진흥청, 2012)에 준하였으며, 생육특성은 간장, 수장, 수수를 조사하였고, 수량 특성은 수당립수, 등숙비율, 현미천립중, 쌀 및 완전미 수량을 조사하였다. 토양화학성 분석은 시험포장 15cm 깊이에서 균일하게 토양을 채취하여 토양 및 퇴비 분석법(경기도농업기술원, 2008)에 준하여 분석하였다.

2021년에는 경기도 화성시에 소재한 경기도농업기술원 시험포장과 안성 현지 시험포장에서 시험을 수행하였으며, 벼 품종은 ‘참드림’을 사용하였다. 비료 처리는 토양 검정 질소시비량 기준 혼합유박 1.0배량을 대조로 하여 화성지역에서는 무처리, 측각분 혼합유기질비료 0.7, 0.85 1.0배량을, 안성지역에서는 측각분 혼합유기질비료 0.85배량을 난괴법 3반복 처리하였다. 화성지역 이앙시기와 재식거리는 2020년과 동일하였고, 안성지역은 이앙시기와 재식거리가 각각 5월 23일, 30×20cm이었다. 이외 재배방법과 생육 및 수량조사는 2020년에 수행한 시험과 동일하게 수행하였다.

2022년에는 경기도 파주 현지 시험포장에서 시험을 수행하였으며, 벼 품종은 조생종인 ‘정드림’ (장 등, 2021)을 사용하였다. 비료 처리는 토양 검정 질소시비량 기준 혼합유박 1.0배량을 대조로 하여 측각분 혼합유기질비료 0.85 1.0배량을 난괴법 3반복 처리하였다. 이앙시기는 5월 24일, 재식거리는 30×18cm로 하였다. 이외 재배방법과 생육 및 수량조사는 2020년에 수행한 시험과 동일하게 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 2020년(화성, 평택)

전량 기비로 시용한 유기질비료(시험재료)의 화학성은 표 1과 같다. 측각분 혼합유기질비료는 질소 함량이 7.0%로 벼 유기농재배 농가에서 주로 사용하는 유박(4%)보다 질소함량이 높은 특성을 나타냈으며, 수입원료인 구아노를 함유한 시판 유기질비료는 질소함량이 10.6%이었다.

표 1. 시험재료의 화학성

(단위 : %)

시험재료	pH (1:5)	OM	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	수분
축각분 혼합유기질비료	6.5	75.7	7.0	2.8	1.6	2.5	1.1	0.1	12.9
혼합유박	5.7	75.2	4.3	3.3	1.3	1.1	1.2	0.1	11.4
시판 유기질비료	3.3	73.0	10.6	0.6	1.4	0.9	0.4	1.9	1.3

시기별 시험포장 토양 화학성은 표 2, 3과 같다. 화성지역에서 시험 전 토양화학성은 유효인산 함량 부족 외에는 적정 수준이었으며, 이양후 30일에는 NH₄-N 함량이 무처리보다 가장 낮았고, 비료를 사용한 처리간에는 32.6~35.2mg/kg 범위에서 비슷한 수준을 나타냈다. 평택지역에서 시험 전 토양화학성은 유효인산 함량 부족, 치환성 칼륨 함량 과다 외에는 적정 수준이었으며, 이양후 30일에는 축각분 혼합유기질비료 1.0배량 처리가 혼합유박 1.0배량 처리보다 NH₄-N 함량이 높았다. 두 지역 모두 이양후 60일부터는 토양의 NH₄-N 함량이 이양후 30일보다 현저히 감소하였으며, 모든 처리에서 NH₄-N 함량 차이는 없었다. 조 등(2009)은 벼 재배시 혼합유기질비료를 전량기비로 사용할 때 이양후 30일부터 NH₄-N 함량이 급격히 감소한다고 하였는데 본 연구 결과도 같은 경향이였다.

표 2. 시기별 시험포장 토양 화학성(화성)

시기	처 리 내 용	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	Ex.cation(cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
시험전	-	6.5	25	26	2.6	0.38	8.6	1.7
이양후 30일	무처리	6.9	26	24	14.4	0.46	9.6	1.9
	혼합유박 1.0배량	7.0	25	26	34.1	0.46	9.3	1.9
	축각분 유기질비료 1.0배량	7.2	26	25	35.2	0.48	9.9	2.1
	시판 유기질비료 1.0배량	6.8	27	25	32.6	0.45	9.5	2.0
이양후 60일	무처리	6.9	25	23	1.2	0.37	9.7	1.9
	혼합유박 1.0배량	6.8	26	25	1.1	0.30	9.7	2.1
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.8	28	23	1.1	0.28	10.5	2.2
	시판 유기질비료 1.0배량	6.7	26	23	1.2	0.33	9.6	2.0
시험후	무처리	6.1	26	23	1.8	0.33	9.4	1.7
	혼합유박 1.0배량	6.1	27	26	1.8	0.32	9.6	1.8
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.2	27	24	1.9	0.31	9.7	1.9
	시판 유기질비료 1.0배량	6.1	26	24	1.5	0.32	9.1	1.7

표 3. 시기별 시험포장 토양 화학성(평택)

시기	처 리 내 용	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	Ex.cation(cml/kg)		
						K	Ca	Mg
시험전	-	6.2	28	113	1.7	0.56	7.9	2.1
이양후 30일	혼합유박 1.0배량	6.1	28	101	36.5	0.56	7.3	1.9
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.5	28	100	42.5	0.59	7.8	2.0
이양후 60일	혼합유박 1.0배량	5.6	25	99	4.6	0.39	7.0	1.9
	축각분 유기질비료 1.0배량	5.8	25	93	3.3	0.42	7.4	2.0
이양후 90일	혼합유박 1.0배량	5.6	25	103	1.4	0.34	6.4	1.6
	축각분 유기질비료 1.0배량	5.7	26	96	1.8	0.34	7.1	1.8
시험후	혼합유박 1.0배량	5.6	27	100	2.0	0.31	6.3	1.5
	축각분 유기질비료 1.0배량	5.6	26	91	2.9	0.35	6.6	1.6

벼 성숙기 생육 및 수량구성요소는 표 4와 같다. 화성지역에서 간장, 수장, 수수는 무처리가 가장 낮은 값을 보였으며, 비료를 1.0배량 시용한 처리간에는 비슷한 수준이었다. 수당립수는 모든 처리가 101~110개 범위에 있어 차이가 없었으며, 등숙비율은 시판 유기질비료 1.0배량이 89.9%로 가장 높았다. 평택지역에서 축각분 유기질비료 1.0배량 처리와 혼합유박 1.0배량 처리의 벼 성숙기 생육 및 수량구성요소는 대등한 수준이었다.

표 4. 벼 성숙기 생육 및 수량구성요소

지역	처 리 내 용	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개/주)	수당립수 (립)	등숙비율 (%)	현미 천립중 (g)
화성	무처리	70.7 ^b	16.8 ^b	14.9 ^b	103 ^{ns}	87.1 ^{ab}	21.5 ^{ab}
	혼합유박 1.0배량	80.1 ^a	16.8 ^b	20.8 ^a	101	85.2 ^b	21.5 ^{ab}
	축각분 유기질비료 1.0배량	82.4 ^a	17.2 ^a	21.5 ^a	110	84.8 ^b	21.2 ^b
	시판 유기질비료 1.0배량	79.3 ^a	17.2 ^a	19.8 ^a	106	89.9 ^a	21.8 ^a
평택	혼합유박 1.0배량	91.4 ^{ns}	19.7 ^{ns}	29.5 ^{ns}	98.0 ^{ns}	67.4 ^{ns}	21.2 ^{ns}
	축각분 유기질비료 1.0배량	93.0	19.1	30.2	95.2	69.3	20.6

※ 시험품종: 참드림 / 출수기: 8월 15일(화성), 8월 12일(평택)

쌀 품질 및 수량은 표 5와 같다. 화성지역에서 단백질 함량과 식미치는 모든 처리에서 각각 6% 이하, 70 이상으로 쌀 품질은 양호하였다. 쌀수량과 완전미 수량은 혼합유박 1.0배량 처리가 각각 572kg/10a, 479kg/10a로 가장 많았으나 축각분 및 시판 유기질비료 1.0배량 처리와 유의한 차이는 없었다. 평택지역에서 축각분 유기질비료 1.0배량 처리와 혼합유박 1.0배량 처리의 쌀 품질 및 수량은 대등한 수준이었다.

표 5. 쌀 품질 및 수량

지역	처 리 내 용	단백질 (%)	식미치 (TOYO)	쌀수량		완전미 수량 (kg/10a)
				(kg/10a)	지수	
화성	무처리	4.7 ^c	72.9 ^{ns}	447 ^b	78	392 ^b
	혼합유박 1.0배량	5.1 ^b	74.0	572 ^a	100	479 ^a
	축각분 유기질비료 1.0배량	5.6 ^a	73.4	567 ^a	99	472 ^a
	시판 유기질비료 1.0배량	5.0 ^{bc}	74.7	538 ^a	94	450 ^a
평택	혼합유박 1.0배량	6.7 ^{ns}	70.3 ^{ns}	632 ^b	100	472 ^{ns}
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.6	70.4	648 ^a	103	494

나. 2021년(화성, 안성)

2020년 시험결과 벼 유기재배시 축각분 혼합유기질비료 1.0배량과 혼합유박 1.0배량의 처리 효과가 대등하여 2021년에는 축각분 혼합유기질비료의 처리량을 세분화하여 화성과 안성지역에서 시험을 수행하였다.

비료처리 전·후의 토양 화학성은 표 6, 7과 같다. 시험 전 시험포장의 토양화학성은 화성, 안성지역 모두 유효인산 함량 부족, 치환성 칼륨 함량 과다 외에는 적정 수준이었으며, 이양후 30일에는 화성지역의 경우 비료 처리량이 많을수록 NH₄-N 함량이 높은 경향을 나타냈으며, 안성지역은 축각분 혼합유기질비료 0.85배량 처리가 혼합유박 1.0배량 처리보다 NH₄-N 함량이 높았다. 이양후 60일~시험후에는 두 지역 모두 토양의 NH₄-N 함량이 이양후 30일보다 현저히 감소하였으며, 모든 처리에서 NH₄-N 함량 차이는 없었다.

표 6. 시기별 시험포장 토양 화학성(화성)

시기	처 리 내 용	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	Ex.cation(cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
시험전	-	6.4	26	36	1.9	0.34	9.5	1.9
이양후 30일	무처리	6.7	26	34	4.7	0.36	9.2	1.8
	혼합유박 1.0배량	6.7	27	36	22.7	0.36	9.0	1.9
	축각분 유기질비료 0.7배량	6.8	25	34	18.1	0.32	8.5	1.7
	축각분 유기질비료 0.85배량	6.6	28	35	19.6	0.32	8.5	1.8
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.7	28	35	23.5	0.36	8.9	1.8
이양후 60일	무처리	6.3	27	41	4.3	0.31	8.5	1.7
	혼합유박 1.0배량	6.3	28	42	3.6	0.29	9.0	1.9
	축각분 유기질비료 0.7배량	6.4	27	39	3.4	0.27	8.8	1.8
	축각분 유기질비료 0.85배량	6.3	28	40	3.4	0.28	8.7	1.8
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.3	29	40	3.8	0.29	9.2	1.9
이양후 90일	무처리	6.2	27	39	2.4	0.23	7.9	1.7
	혼합유박 1.0배량	6.0	27	40	2.3	0.23	7.7	1.7
	축각분 유기질비료 0.7배량	5.8	26	37	2.6	0.22	7.0	1.5
	축각분 유기질비료 0.85배량	5.8	28	37	2.7	0.23	7.4	1.6
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.1	28	38	2.8	0.24	7.9	1.6
시험후	무처리	6.5	25	43	2.4	0.24	7.3	1.5
	혼합유박 1.0배량	6.5	24	42	2.3	0.24	6.8	1.4
	축각분 유기질비료 0.7배량	6.3	25	41	2.4	0.24	7.1	1.5
	축각분 유기질비료 0.85배량	6.3	27	43	2.3	0.24	7.7	1.6
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.3	28	43	2.2	0.26	8.2	1.6

표 7. 시기별 시험포장 토양 화학성(안성)

시기	처 리 내 용	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	Ex.cation(cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
시험전	-	6.0	23	283	1.1	0.66	4.5	1.4
이양후 30일	혼합유박 1.0배량	6.1	24	207	19.1	0.72	4.0	1.2
	축각분 유기질비료 0.85배량	6.0	25	320	31.0	0.49	4.0	1.0
이양후 60일	혼합유박 1.0배량	5.8	25	241	3.2	0.39	3.7	0.9
	축각분 유기질비료 0.85배량	5.8	24	316	1.7	0.33	4.3	0.9
이양후 90일	혼합유박 1.0배량	5.3	26	242	3.7	0.27	3.5	0.8
	축각분 유기질비료 0.85배량	5.6	24	336	3.5	0.23	3.7	0.8
시험후	혼합유박 1.0배량	5.6	24	295	2.4	0.35	2.9	0.7
	축각분 유기질비료 0.85배량	5.8	23	349	1.7	0.26	3.3	0.7

벼 성숙기 생육 및 수량구성요소는 표 8과 같다. 화성지역에서 간장은 축각분 유기질비료 0.85배량, 1.0배량 처리가 각각 69.6cm, 69.8cm를 나타내어 혼합유박 1.0배량 처리와 차이가 없었으며, 수수도 동일한 경향이였다. 모든 처리에서 수장은 18.3~19.0cm, 등숙비율은 85.0~88.2% 범위에 있었으며, 처리간 유의성은 인정되지 않았다. 안성지역에서 축각분 유기질비료 0.85배량 처리와 혼합유박 1.0배량 처리의 벼 성숙기 생육과 수량구성요소는 대등한 수준이였다.

표 8. 벼 성숙기 생육 및 수량구성요소

지역	처 리 내 용	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개/주)	수당립수 (립)	등숙비율 (%)	현미 천립중 (g)
화성	무처리	62.3 ^c	18.3 ^{ns}	10.4 ^c	116.9 ^a	85.0 ^{ns}	23.3 ^{ns}
	혼합유박 1.0배량	69.9 ^a	19.0	16.9 ^a	100.9 ^b	88.2	23.5
	축각분 유기질비료 0.7배량	67.5 ^b	18.3	15.2 ^b	112.1 ^a	85.7	23.4
	축각분 유기질비료 0.85배량	69.6 ^a	18.4	17.4 ^a	106.9 ^{ab}	88.2	23.3
	축각분 유기질비료 1.0배량	69.8 ^a	18.4	17.6 ^a	101.9 ^b	87.5	23.4
안성	혼합유박 1.0배량	83.7 ^{ns}	18.2 ^{ns}	25.8 ^{ns}	92.3 ^{ns}	78.4 ^{ns}	24.3 ^a
	축각분 유기질비료 0.85배량	80.2	18.3	25.1	91.3	78.2	23.9 ^b

※ 시험품종: 참드림 / 출수기: 8월 15일(화성), 8월 12일(안성)

쌀 품질 및 수량은 표 9와 같다. 화성지역에서 단백질 함량과 식미치는 모든 처리에서 각각 6% 이하, 80 이상으로 쌀 품질은 우수하였다. 쌀수량과 완전미 수량은 축각분 혼합유기질비료 0.85배량 처리가 각각 581kg/10a, 496kg/10a을 나타내어 축각분 혼합유기질비료 및 혼합유박 1.0배량 처리와 대등하였다. 안성지역에서도 축각분 혼합유기질비료 0.85배량과 혼합유박 1.0배량 처리간의 쌀 품질 및 수량이 대등한 수준을 나타내었다.

표 9. 쌀 품질 및 수량

지역	처 리 내 용	단백질 (%)	식미치 (TOYO)	쌀수량		완전미 수량 (kg/10a)
				(kg/10a)	지수	
화성	무처리	5.2 ^{ns}	87.2 ^{ns}	411 ^c	72	359 ^c
	혼합유박 1.0배량	5.3	86.2	573 ^a	100	499 ^a
	축각분 유기질비료 0.7배량	5.3	85.0	522 ^b	91	454 ^b
	축각분 유기질비료 0.85배량	5.3	85.3	581 ^a	101	496 ^a
	축각분 유기질비료 1.0배량	5.3	85.5	588 ^a	103	516 ^a
안성	혼합유박 1.0배량	5.8 ^{ns}	78.9 ^{ns}	665 ^{ns}	100	614 ^{ns}
	축각분 유기질비료 0.85배량	5.5	78.3	636	96	581

다. 2022년(파주)

경기북부지역에서 벼 유기재배시 축각분 혼합유기질비료의 시용효과를 구명하고자 2022년에는 파주에서 현장적용연구를 수행하였다.

비료처리 전·후의 토양 화학성은 표 10과 같다. 시험 전 토양화학성은 유기물 및 유효인산 함량은 적정수준보다 부족하였으며, 이양후 30일에는 NH₄-N 함량이 축각분 혼합유기질비료 1.0배량 처리가 13.3mg/kg으로 가장 높았고, 다음으로는 축각분 혼합유기질비료 0.85배량, 혼합유박 1.0배량 처리 순으로 높았다. 이양후 60일~시험후에는 NH₄-N 함량이 이양후 30일보다 현저히 감소하였으며, 모든 처리에서 차이가 없었다.

표 10. 시기별 시험포장 토양 화학성

시기	처 리 내 용	pH (1:5)	OM (g/kg)	AvP ₂ O ₅ (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	Ex.cation(cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
시험전	-	7.0	8	38	3.4	0.25	2.3	2.1
이양후 30일	혼합유박 1.0배량	6.7	9	52	8.7	0.25	2.3	2.1
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.8	7	50	13.3	0.22	2.0	1.8
	축각분 유기질비료 0.85배량	6.8	8	54	11.9	0.24	2.3	2.2
이양후 60일	혼합유박 1.0배량	6.2	10	46	2.9	0.23	2.2	2.1
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.3	10	43	2.6	0.17	2.3	2.3
	축각분 유기질비료 0.85배량	6.6	10	43	2.0	0.20	2.6	2.4
이양후 90일	혼합유박 1.0배량	6.1	9	45	2.1	0.19	1.9	1.8
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.2	8	40	2.0	0.15	1.9	1.7
	축각분 유기질비료 0.85배량	6.5	8	43	2.4	0.17	2.2	2.1
시험후	혼합유박 1.0배량	5.9	13	39	1.1	0.20	2.3	2.2
	축각분 유기질비료 1.0배량	6.0	10	37	0.9	0.18	2.3	2.1
	축각분 유기질비료 0.85배량	6.3	8	40	0.9	0.17	2.4	2.0

벼 성숙기 생육 및 수량구성요소는 표 11과 같다. 간장과 수수는 축각분 혼합유기질비료 1.0배량 처리가 각각 67.9cm, 20.2개로 가장 높은 값을 나타내었고, 축각분 혼합유기질비료 0.85배량과 혼합유박 1.0배량 처리간의 차이는 없었다. 수장, 수당립수, 등숙비율은 모든 처리에서 각각 19.1~19.3cm, 78.4~86.3립, 88.0~89.4% 범위에 있었으며, 처리간 대등한 수준이었다.

표 11. 벼 생숙기 생육 및 수량구성요소

처 리 내 용	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개/주)	수당립수 (립)	등숙비율 (%)	현미 천립중 (g)
혼합유박 1.0배량	63.7 ^b	19.2 ^{ns}	19.9 ^{ab}	78.4 ^{ns}	88.5 ^{ns}	21.4 ^{ns}
축각분 유기질비료 1.0배량	67.9 ^a	19.1	20.2 ^a	86.3	89.4	21.4
축각분 유기질비료 0.85배량	64.4 ^b	19.3	19.1 ^b	84.2	88.0	21.6

※ 시험품종: 정드림 / 출수기: 8월 5일

쌀 품질 및 수량은 표 12와 같다. 단백질 함량과 식미치는 모든 처리에서 각각 6% 이하, 70 이상으로 쌀 품질은 양호하였다. 쌀수량과 완전미 수량은 축각분 혼합유기질비료 0.85배량 처리가 각각 469kg/10a, 448kg/10a을 나타내어 축각분 혼합유기질비료 및 혼합유박 1.0배량 처리와 대등하였다.

표 12. 쌀 품질 및 수량

처 리 내 용	단백질 (%)	식미치 (TOYO)	쌀수량		완전미 수량 (kg/10a)
			(kg/10a)	지수	
혼합유박 1.0배량	5.4	81.6	434 ^{ns}	100	410 ^b
축각분 유기질비료 1.0배량	5.4	84.6	475	109	455 ^a
축각분 유기질비료 0.85배량	5.7	77.7	469	108	448 ^a

2022년 과주에서 축각분 혼합유기질비료 현장실증 결과, 2021년 화성, 안성에서의 시험 결과와 동일하게 벼 유기재배시 토양검정 질소시비량 기준 축각분 혼합유기질비료 0.85배량을 사용하여도 혼합유박 1.0배량 대비 생육 및 수량이 대등한 수준을 보였다.

라. 누년 종합(2020~2022년)

화성(2020~2021년), 평택(2020년), 안성(2021년), 과주(2022년) 현장실증 결과, 벼 유기재배시 국산자원 이용 축각분 혼합유기질비료는 토양검정 질소시비량 기준 0.85배량을 사용하여도 수입 혼합유박 1.0배량 사용 대비 벼 생육 및 수량이 대등한 수준을 나타내어 (표 13, 14) 수입산 혼합유박 비료를 대체할 수 있는 것으로 나타났다.

표 13. 벼 성숙기 생육 및 수량구성요소

품종	지역 (연도)	처 리 내 용	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개/주)	수당립수 (립)	등숙비율 (%)
	평택 (2020)	혼합유박 1.0배량	91.4 ^{ns}	19.7 ^{ns}	29.5 ^{ns}	98.0 ^{ns}	67.4 ^{ns}
		축각분 유기질비료 1.0배량	93.0	19.1	30.2	95.2	69.3
참드림	화성 (2021)	혼합유박 1.0배량	69.9 ^{ns}	19.0 ^{ns}	16.9 ^{ns}	100.9 ^{ns}	88.2 ^{ns}
		축각분 유기질비료 1.0배량	69.8	18.4	17.6	101.9	87.5
		축각분 유기질비료 0.85배량	69.6	18.4	17.4	106.9	88.2
	안성 (2021)	혼합유박 1.0배량	83.7 ^{ns}	18.2 ^{ns}	25.8 ^{ns}	92.3 ^{ns}	78.4 ^{ns}
		축각분 유기질비료 0.85배량	80.2	18.3	25.1	91.3	78.2
정드림	파주 (2022)	혼합유박 1.0배량	63.7 ^b	19.2 ^{ns}	19.9 ^{ab}	78.4 ^{ns}	88.5 ^{ns}
		축각분 유기질비료 1.0배량	67.9 ^a	19.1	20.2 ^a	86.3	89.4
		축각분 유기질비료 0.85배량	64.4 ^b	19.3	19.1 ^b	84.2	88.0

표 14. 현미 천립중, 쌀 품질 및 수량

품종	지역 (연도)	처 리 내 용	현미 천립중 (g)	정현비율 (%)	단백질 (%)	식미치 (TOYO)	쌀수량 (kg/10a)
	평택 (2020)	혼합유박 1.0배량	21.2 ^{ns}	79.7 ^{ns}	6.7	70.3	632 ^b
		축각분 유기질비료 1.0배량	20.6	79.3	6.6	70.4	648 ^a
참드림	화성 (2021)	혼합유박 1.0배량	23.5 ^{ns}	83.0 ^{ns}	5.3	86.2	573 ^{ns}
		축각분 유기질비료 1.0배량	23.4	83.1	5.3	85.5	588
		축각분 유기질비료 0.85배량	23.3	83.1	5.3	85.3	581
	안성 (2021)	혼합유박 1.0배량	24.3 ^{ns}	82.5 ^{ns}	5.8	78.9	665 ^{ns}
		축각분 유기질비료 0.85배량	23.9	82.4	5.5	78.3	636
정드림	파주 (2022)	혼합유박 1.0배량	21.4 ^{ns}	82.3 ^{ns}	5.4	81.6	434 ^{ns}
		축각분 유기질비료 1.0배량	21.4	82.5	5.4	84.6	475
		축각분 유기질비료 0.85배량	21.6	82.2	5.7	77.7	469

4. 적 요

수입유박을 대체하기 위하여 국산자원인 축각분 활용 혼합유기질비료를 이용하여 벼 친환경재배시 유기질비료로 활용 가능성을 구명하고자, 3년간(2020~2022년) 화성 등 4지역에서 현장적용연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

- 가. 비료 처리 전·후의 시험포장의 토양화학적 성분은 모든 지역에서 대체로 유효인산 함량 부족 외에는 적정 수준이었으며, 이양 후 30일 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량은 축각분 혼합유기질비료 0.85배량, 1.0배량, 혼합유박 1.0배량 처리간에는 비슷한 수준이었고, 이양후 60일부터는 토양의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량이 이양후 30일보다 현저히 감소하였다.
- 나. 2020년 화성, 평택지역에서 축각분 혼합유기질비료 현장실증 결과, 벼 유기재배시 토양검정 질소시비량 기준 축각분 혼합유기질비료 1.0배량 처리와 혼합유박 1.0배량 처리의 벼 생육 및 수량이 대등한 수준을 보였다.
- 다. 2021년 화성, 2022년 파주지역에서 축각분 혼합유기질비료 현장실증 결과, 벼 유기재배시 토양검정 질소시비량 기준 축각분 혼합유기질비료 0.85배량을 사용하여도 혼합유박 1.0배량 시용 대비 생육 및 수량이 대등한 수준을 보였다.
- 라. 따라서 경기남부, 경기북부지역에서 모두 축각분 혼합유기질비료는 토양검정 질소시비량 기준 0.85배량을 사용하여도 혼합유박 1.0배량 시용 대비 벼 생육 및 수량이 대등한 수준을 나타내어 혼합유박 비료를 대체할 가능성을 보였다.

5. 인용문헌

- 경기도농업기술원. 2020. 경기미 참드림 고품질 생산 재배 매뉴얼
- 경기도농업기술원. 2008. 토양 및 퇴비 분석법.
- 김남천, 이시진, 신항식, 송영채. 1993. 동물성 지방의 재활용 방안에 관한 연구. 유기성 자원학회 폐기물자원화 학술저널. 1(2): 287-298.
- 농촌진흥청. 2012. 농업과학기술 연구조사분석기준.
- 이시진, 김남천. 1993. 동물성 잔재물의 재이용 실태 및 개선방향. 유기성자원학회 유기물 자원화 학술저널. 1(2): 209-219.
- 이주호, 배재근. 2009. 동물성 잔재물의 발생경로 및 재활용업체의 재활용 실태에 대한 조사. 유기성자원학회 유기물자원화 학술저널. 17(2): 81-92.
- 장재은, 이진구, 임갑준, 윤승환, 한정아, 김상우, 장은규, 최종윤, 황지은, 강창성, 홍순성, 이영순. 2019. 친환경 재배를 위한 혼합유기질비료 개발. 2019년도 경기도농업기술원 시험연구보고서. p752-764.
- 장정희, 이종형, 한상욱, 이지혜, 장재은, 서재순, 원태진, 최병열, 지정현, 박인태, 도현용, 최해춘, 김광호, 정웅기, 원용재. 2019. 밥맛이 우수한 경기지역 적응 중만생종 벼 ‘참드림’. 한국육종학회지. 51(3): 251-257.

장정희, 최병열, 원태진, 이지혜, 이종형, 한상욱, 장재은, 서재순, 지정현, 박인태, 최해춘, 김광호
 2021. 밥맛이 우수한 경기지역 적응 조생종 벼 ‘정드림’. 한국육종학회지. 53(2): 170-176.
 조광래, 원태진, 강창성, 임재욱, 박경열. 2009. 벼 재배시 혼합유기질비료 시용이 질소
 이용율과 수량에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 42(3): 152-159.

6. 연구결과 활용제목

- 벼 친환경재배시 축각분 활용 혼합유기질비료 적정 시용량 및 시용효과(영농활용)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
						'20	'21	'22
국산자원 이용 혼합유기질비료 현장적용연구	책임자	환경농업연구과	농업연구사	조동현	세부과제 총괄	-	-	○
	공동연구자	친환경미생물연구소	농업연구사	장재은	시험수행	○	○	-
		환경농업연구과	농업연구관	심상연	자료조사	-	-	○
		〃	농업연구관	한상욱	자료조사	-	○	○
		원예연구과	농업연구관	이진구	자료조사	○	-	-
		환경농업연구과	농업연구사	한정아	생육조사	○	○	○
		〃	농업연구사	윤승환	생육조사	○	○	○
		〃	농업연구사	최종인	생육조사	-	○	○
		작물연구과	농업연구사	김상우	생육조사	○	-	-
		〃	농업연구관	이영순	결과검토	○	○	-
환경농업연구과	농업연구관	박중수	결과검토	-	-	○		