

## 혼합유박비료 시비시기가 유기농경지 토양과 벼 수량에 미치는 영향\*

문영훈\*\* · 안병구\*\*\* · 이공준\*\* · 서경원\*\* · 고도영\*\* · 최선우\*\* · 김진호\*\* · 최인영\*\*

### Effects on Application Time of Mixed Expeller Cake fertilizer in Organic Farming Soil and Rice Yield

Moon, Young-Hun · Ahn, Byung-Koo · Lee, Gong-Joon · Seo, Kyoung-Won ·  
Ko, Do-Young · Choi, Seon-Wu · Kim, Jin-Ho · Choi, In-Young

The aim of this study was to solve the problem of yield loss causing the lag of fertilizer efficiency after tiller stage, being originated by applying mixed expeller cake fertilizer on three day before rice transplanting in organic rice farmers. The mineralization degree of  $\text{NH}_4\text{-N}$  of the mixed expeller cake fertilizer was increased until 7 weeks at flooding condition, and so did  $\text{NO}_3\text{-N}$  until 5 weeks at non-flooding condition. The mineralization rate of nitrogen in paddy soil on 20 days before rice transplanting was the highest by 0.85% on 20 days before the transplanting treatment. The properties of yields during the harvest period have no difference with application time of the mixed expeller cake fertilizer, except soil organic matter. The plan length, culm length and panicle length were the longest on 20 days before rice transplanting. Also, the number of tiller, ripening rat and 1,000 grain weight were the highest on 20 days before rice transplanting, and thereby the yield of white rice were increasing by 9% on 20 days before rice transplanting compared with that of 3 days before rice transplanting. The whiteness values of the rice and amylose content made no difference, but the value of protein and palatability were the same between 20 days and 30 days treatment. In the conclusion, the relationship between rice yield, its quality and application time of the mixed expeller cake fertilizer has showed that the suitable time of applying it reveals 21.3 days before rice transplanting.

Key words : *application time, mixed expeller cake fertilizer, rice, soil*

\* 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ0108252017)의 지원에 의해 이루어진 것임.

\*\* 전라북도농업기술원 기후변화대응과

\*\*\* Corresponding author, 전라북도농업기술원 기후변화대응과(ahnbk61@korea.kr)

## I. 서 론

친환경농산물 인증 재배면적은 매년 감소하고 있는 추세이다. 전북의 경우 2014년 7,180 ha에서 2015년 6,902 ha로 3.9% 감소하였다. 재배되고 있는 작물 가운데 벼가 3,182 ha로 전체의 46.1%를 차지하고 있다. 그러나 식품안전과 환경 등에 대한 소비자 관심이 높아지면서 친환경농산물에 대한 관심이 증대하고 있고, 친환경농업을 정착시키기 위해 정부에서 유기질비료 지원 사업을 지속적으로 추진함에 따라 유기질비료의 생산량과 사용량이 증가하고 있다(Ok et al., 2016).

최근 벼 유기재배 농가에서 유기질비료를 많이 사용하고 있는데, 유기질비료는 영양공급에 의한 작물생산성 증가, 유기물공급에 따른 토양개량과 생리적 효과, 토양미생물의 활성화 등 여러 효과가 보고된 바 있다(Yang et al., 2008; Cho et al., 2009).

일반적으로 유기농업을 실천하는 농가에서 토양양분관리는 풋거름작물이나 가축분퇴비를 비롯한 부산물비료를 이용하여 양분을 공급하고 있다. 우리나라 비료공정규격에서 정한 부산물비료 가운데 취급하기가 비교적 용이한 유박비료를 선호하고 있다. 유박비료는 일반 가축분퇴비보다 질소비료성분이 높고, 완효적인 비료효과가 있어서 과용 시 부작용이 우려되기도 하므로 비료성분과 토양양분을 고려하여 사용할 필요가 있다.

벼 유기재배를 위해 다양한 유기질비료 시비 연구가 수행되었다. 주로 시비효과(Cho et al., 2009; Kim et al., 2012; Cho et al., 2012; Ok et al., 2016; Oh et al., 2016)에 대한 연구를 수행하였고, Ryoo (2009)는 가축분뇨 발효액비 시용시기에 대해 조사하였고, Yang 등(2008)은 혼합유박비료의 사용량과 사용 시기에 대한 조사를 하면서 밀거름으로 혼합유박, 웃거름은 화학비료를 사용하였다.

쌀 소비가 줄어들고 가격이 하락함에 따라 농가들의 의욕이 상실되어, 값비싼 유기농업 자재를 사용하는 것도 쉽지 않고, 노동력을 줄이기 위해 이앙 전에 유박비료를 전량 밀거름으로 시비하는 농가가 늘어나고 있다. 이때 밀거름 시비방법은 화학비료를 사용하는 관행적인 영농방법에 따라 이앙 2~3일 전에 시비함에 따라 사용한 비료의 완효적인 작용으로 인해 적절한 비료효과를 보지 못하고 있는 실정이다. 작물 수량에 영향을 미치는 질소의 무기화양상은 재료 분해특성과 환경조건에 따라 크게 달라지므로 유기자원의 분해특성을 평가하여 유박비료 사용 시기에 반영할 필요가 있다(Shin et al., 2016).

따라서 본 연구에서는 유기농업으로 벼를 재배하면서 유박비료를 전량 밀거름으로 사용하는 농가의 적정 사용 시기를 구명하여 지속적인 고품질의 유기농 쌀 생산기술을 확립하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험재료 및 처리내용

본 시험은 2014년과 2015년에 전북 익산시 신흥동 소재 전북농업기술원 포장에서 같은 처리 조건으로 동일 시험구에 2년간 수행하였다. 시험토양은 전북통의 미사질양토(모래 29.3%, 미사 47.8%, 점토 22.9%)이며, 화학적 특성은 Table 1과 같다. 조사한 모든 성분은 논 적정범위(NAIST, 2010)에 분포하고 있었다. 시험에 사용된 품종은 신통진으로 매년 6월 10일에 30×15 cm 간격으로 이앙하였고, 수확은 매년 10월 30일에 하였다.

Table 1. Selected chemical properties of soil in the experimental field

Item	pH (1:5)	OM (g/kg)	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exch. Cation (cmol <sub>c</sub> /kg)				Avail. SiO <sub>2</sub> (mg/kg)
				K	Ca	Mg	Na	
Before planting	6.1	25	96	0.29	5.2	1.7	0.08	159
Optimal range	5.5~6.5	20~30	80~120	0.2~0.3	5.0~6.0	1.5~2.0	-	157<

시험에 사용한 유기질비료는 혼합유박으로써 피마자 60%, 채종유박 20%, 미강 15%, 골분 5% 등으로 이루어진 입상형태의 비료이다. 그 성분량은 Table 2에서 보는 바와 같고 시중에서 유통되고 있는 것을 구입하여 사용하였다.

Table 2. Chemical components of mixed expeller cake fertilizer used

OM (%)	T-N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	C/N
71.2	4.1	2.1	1.1	17.3

시비량은 작물별 시비처방 기준(NAIST, 2010)에 따라 벼 표준시비량(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 9.0-4.5-5.7 kg/10a)의 질소기준량을 혼합유박비료로 환산하여 이앙 3, 10, 20, 30일에 각각 225 kg/10a을 전량 밑거름으로 살포 하였다. 이때 투입된 인산은 4.7 kg/10a, 칼리는 2.5 kg/10a에 해당하는 양이었다. 각 처리구 면적은 100 m<sup>2</sup>이었고, 3반복 난괴법으로 배치하였다. 담수는 친환경 벼 재배 농가들이 관행적으로 수행하는 방식으로 이앙 3일전에 밑거름 살포 후 경운하였다. 잡초 방제는 중패단계(600~700 마리/kg)의 왕우렁이를 시중에서 구입하여 5 kg/10a 수준으로 이앙 7일 후에 방사하였다.

건담과 담수상태에서 혼합유박비료의 질소무기화율을 측정하기 위해 실내에서 시험포장

토양 3 kg을 포트에 취하고 혼합유박비료를 9 kg N/10a 수준으로 처리한 후, 건답조건은 포장용수량 상태로 유지하고, 담수상태는 지표면 5 cm 높이로 수면을 유지하고 25°C에서 배양하면서 7일 간격으로 토양을 채취하여 총질소, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N를 조사하였다. 실내 항온배양 실험에 사용한 토양의 총질소는 0.19%, NH<sub>4</sub>-N는 5.2 mg/kg, NO<sub>3</sub>-N는 0.4 mg/kg 수준이었다.

## 2. 토양 및 식물체 분석방법

토양화학성은 표토 0~20 cm 깊이의 토양을 채취하여 음지에서 자연 건조시킨 후 2 mm 체를 통과시켜 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)에 따라 실시하였다. 즉, 토성은 micro pipette법으로 입자밀도를 조사하고, 판정은 미국농무부 분류기준을 따랐다(Gee and Bauder, 1986). 토양 pH는 토양과 증류수를 1:5(w/v)로 혼합하여 30분간 진탕한 후 pH meter (Orion3 star, Thermo Scientific, Singapore)로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법, 전질소는 Kjeldahl 증류법을 이용하였고, 유효인산은 Lancaster법으로 측정하였다. 치환성 K, Ca, Mg, Na은 1 N ammonium acetate로 침출한 후 AAS (SpectrAA 220FS, Varian, USA)로 분석하였고, 유효규산은 1 M NaOAc로 추출하고, 700 nm에서 비색측정 하였다. NH<sub>4</sub>-N는 2 M KCl로 추출하여 Kjeldahl 증류법으로, NO<sub>3</sub>-N는 이온선택성 전극법으로 측정하였다.

식물체 분석은 채취한 시료를 증류수로 세척하고 65°C에 48시간 건조하여 분쇄한 후 분석용 시료로 사용하였다. 시료 1 g을 HNO<sub>3</sub>과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>을 사용하여 습식분해한 후 인산은 ammonium vanadate법에 의한 비색정량, K, Ca, Mg는 원자흡광분광광도계(Atomic absorption spectrophotometer, GBC Avanta PM, GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Victoria, Australia)을 이용하여 분석하였고, 질소 함량은 CN원소분석기(Vario MAX CNS, Elementar Analysensysteme GmbH, Germany)를 사용하여 분석하였다.

혼합유박의 비료성분 분석은 농촌진흥청 비료관리법령 및 관련규정집(농촌진흥청, 2009)에 따라 유기물함량, 질소, 인산 칼리 함량을 분석하였다.

## 3. 벼 생육 및 미질조사 방법

벼의 생육 및 쌀 수량조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(RDA, 2013)에 따라 실시하였다. 초장과 경수는 이앙 후 30, 60일, 간장과 수장은 수확 전에 처리구별로 20주씩 임의로 표본 추출하여 조사하였다. 백미의 외관 품위는 Grain inspector (Cevitec 1625, Foss)를 이용하여 조사하였고, 단백질 등 화학성은 Grain analyser (Infratec 1241, Foss)를 이용하여 각 처리별로 3반복 조사하였으며, 엽색은 엽색계(SPAD 502 meter, Minolta, Japan)로 상위 2번째 잎의 중앙부를 측정하였다.

#### 4. 통계분석

조사한 자료의 통계적인 분석은 SPSS (19.0K)를 사용하여 5% 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 토양중 질소 무기화

시험에 사용한 혼합유박비료가 논토양에서 무기화되는 정도를 조사하기 위해 담수와 무담수 상태를 유지하면서 실내에서 8주 동안 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 담수조건에서 총 질소량은 조사기간 동안 0.20~0.23%의 범위 내에서 일정한 수준을 보였다. 포장시험을 수행한 Kim 등(2012)의 연구에서는 유기질비료 처리에 따라 초기에는 급격하게 떨어지고 처리 30일 후부터 일정한 수준을 유지하였다고 하여 실내 실험으로 측정된 본 시험과 다른 결과를 보였다. 이는 시험이 실내에서는 암조건의 저산소조건에서 수행하여 외부 시험포장 조건과 달라서 나타난 결과라고 판단된다. Cho and Chang (2007)도 유박의 질소 무기화작용은 수분과 온도조건을 달리한 실내항온배양 시험에서 온도와 포장용수량, 시용량이 증가하면 무기태 질소생성량이 증가하고, Lee 등(2012)은 논토양에서 온도조건과 토성에 따라 식물잔사들의 질소무기화 양상이 달라진다고 하였다.

토양중  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 유박비료 처리 후 7주까지 증가하다 감소하기 시작하였는데, 조사기간 농도는 112.0~161.5 mg/kg 범위 내에서 변화하였다. 이때 유박비료를 처리하지 않은 토양의  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 92.9~125.0 mg/kg의 수준이었다. 한편 조사기간 동안  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 1.1~19.6 mg/kg 범위였고, 처리 후 4주까지 증가하다 그 이후 감소하기 시작하여 6주부터는 3 mg/kg 이하를 보였다. 비료를 표층시비를 할 경우 산화층에서 미생물작용으로  $\text{NO}_3\text{-N}$ 로 급속히 전환되지만(농촌진흥청, 2004), 본 시험과 같이 전층시비의 경우 암모니아화성작용에 의해 혼합유박비료의 질소가  $\text{NH}_4\text{-N}$ 로 무기화 되지만, 환원조건이기 때문에 질산화작용은 더디게 나타났음을 알 수 있다.

토양수분이 포장용수량 조건인 비담수 상태에서 총질소 함량은 담수상태와 비슷한 결과를 보였고,  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 3주까지 급격히 감소하다 3주 이후 일정한 수준을 유지하였고,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 4주까지 급속히 증가하다 4~6주에는 일정한 수준을 유지하다 다시 증가하였다.

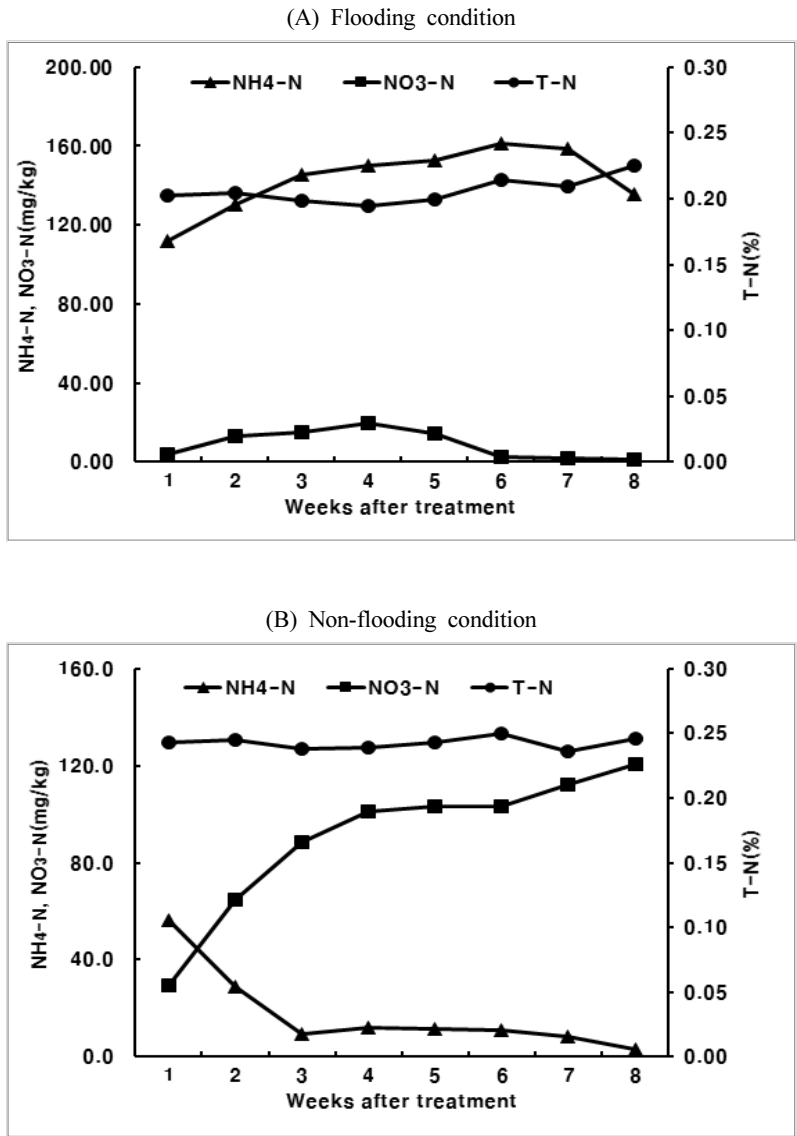


Fig. 1. N-mineralization of mixed expeller cake fertilizer in flooding (A) and non-flooding (B) conditions.

실내실험에서 NH<sub>4</sub>-N 농도 변화가 있었던 20일경 시험포장에서 무기화정도를 조사하기 위해 벼 이앙 20일(2014. 6. 30.) 후에 토양 중 조사한 질소변화는 Table 3에서 보는 바와 같다. 토양 유기물함량과 T-N는 통계적인 유의성은 없었지만, NH<sub>4</sub>-N는 혼합유박비료를 이앙 20일과 30일 전에 처리한 경우에 높았고, NO<sub>3</sub>-N는 혼합유박비료 3일 전 처리를 제외하고 같은 수준을 보였다. NH<sub>4</sub>-N과 NO<sub>3</sub>-N 합계에 대한 총질소 비율로 계산한 질소 무기화 비율은 이앙 20일전 처리에서 0.85%로 가장 높은 수준으로 농가관행인 3일 전 처리에 비해 2배

수준을 보였다. 유박비료를 담수조건에서 분해될 때 더 많은 유효태 질소를 생성하고, 이 질소가 토양과 혼합될 때 더 빨리, 더 많이 집적되어 식물이 이용할 수 있는 영양원이라고 하였다(Oh et al., 1971; Cho et al., 2009).

Table 3. N-mineralization in paddy soil on 20 days after rice transplanting

Treatment (DBT*)	OM (g/kg)	T-N (%)	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	N-mineralization rate** (%)
3	21a***	0.218a	3.8b	5.6b	0.43
10	22a	0.210a	4.5b	11.4a	0.76
20	23a	0.219a	6.9a	11.8a	0.85
30	22a	0.212a	5.8a	11.1a	0.80

\* DBT: days before rice transplanting.

\*\* N-mineralization rate = (NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N) / T-N × 100

\*\*\* Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p<0.05).

따라서 보통 벼 분얼비를 이앙 후 12~14일경에 시비하므로 질소 무기화 비율로만 판단했을 때 전량 유박비료로 시비하는 농가에서는 관행시비시기보다 2주 정도 앞당겨 시비하는 것이 효과적일 것으로 보인다.

## 2. 토양특성 변화

동일한 시험구에 혼합유박비료를 처리방법에 따라 2년간 연용하고 벼를 수확하면서 조사한 토양화학성은 Table 4와 같다. 혼합유박비료 시용시기별로 토양 pH와 유기물함량은 차이가 없어 혼합유박비료 처리시기에 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났다. 유기물함량은 처리 간에 통계적인 유의성은 없었지만, 평균값을 비교해보면 혼합유박비료를 이앙 3 일전에 처리한 구가 23 g/kg으로 가장 높은 수준이었다. 수확기 토양 중 유효인산함량은 적정범위(80~120 mg/kg) 내에 분포하고 있었지만, 혼합유박비료 처리시기가 이앙일에 가까울 수록 비료분해가 더디게 일어나 잔류하는 양이 많은 것으로 나타났다.

치환성 양이온(K, Ca, Mg, Na)은 혼합유박비료 처리 간에 차이가 없었다. 유기물시용은 토양 중 치환성염기 함량을 감소시키고, 보통답에서 유기물을 시용할 경우 치환성염기가 증가한다는 상반된 보고 있으나, 이것은 유기물종류와 토양 환경에 따라 상이할 것으로 생각된다(Choi et al., 2011). 한편 가축분뇨 과다시용은 토양중 인산과 칼리함량이 많아진다는 것을 볼 때, 유기물원으로 가축분퇴비 뿐만 아니라 혼합유박비료의 과다시용은 염류집적 등 부정적인 효과를 가져 오게 되므로 시용량을 적정하게 준수할 필요가 있다(Ryoo, 2014).

벼 수확기에 조사한 토양의 유효규산함량도 처리 간에 차이가 없이 처리구에 따라 145~150 mg/kg 수준으로 분포하고 있었지만 적정범위(157 mg/kg 이상) 보다는 낮았다.

Table 4. Soil chemical properties responds to treatment time of mixed expeller cake fertilizer at rice harvesting time

Treatment (DBT*)	pH (1:5)	OM (g/kg)	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exch. cations (cmol <sub>c</sub> /kg)				Avail. SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	T-N (%)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
				K	Ca	Mg	Na			
3	6.0a**	23a	92a	0.27a	5.1a	1.4a	0.09a	145a	0.15b	44a
10	6.0a	22a	85ab	0.26a	5.1a	1.3a	0.07a	147a	0.17a	43a
20	6.1a	21a	80b	0.25a	5.0a	1.3a	0.08a	153a	0.18a	40a
30	6.1a	22a	80b	0.26a	5.0a	1.4a	0.07a	150a	0.14b	40a

\* DBT: days before rice transplanting.

\*\* Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p<0.05).

### 3. 벼 생육 및 수량

벼 이앙 30일 후에 조사한 지상부 무기성분 함량은 혼합유박비료 처리시기에 상관없이 통계적인 유의성은 없었지만, 평균값을 비교해보면 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 함량은 이앙 20일전에 혼합유박비료를 처리한 구에서 높은 값을 보였다(Table 5). 이앙 3일과 10일전 처리는 혼합유박비료의 무기화가 더디게 진행되어 나타난 결과로 보여 진다.

Table 5. Nutrient contents of rice leaves on 30 days after rice transplanting responds to the treatment time of mixed expelled cake fertilizer

Treatment (DBT*)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	(% , dw)		
3	2.83a**	0.51a	3.09a
10	2.90a	0.54a	3.17a
20	2.97a	0.56a	3.21a
30	2.96a	0.55a	3.20a

\* DBT: days before rice transplanting.

\*\* Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p<0.05).



혼합유박비료 시비시기에 따른 벼 생육상황을 조사하기 위해 이앙 30일과 60일 후에 초장과 경수를 조사하였고, 간장과 수장은 이앙 60일 후에 조사하였다(Table 6). 초장은 30일 조사에서 처리 간에 차이가 없었지만, 60일 조사에서는 혼합유박비료를 이앙 20일전에 처리한 구에서 키가 가장 큰 것으로 나타났다. 경수는 모든 처리구에서 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 간장과 수장도 초장과 마찬가지로 혼합유박비료를 이앙 20일 전 처리에서 가장 긴 것으로 나타났다.

Table 6. Rice growth responds to the treatment time of mixed expelled cake fertilizer

Treatment (DBT*)	Plant length (cm)		No. of tiller (ea/plant)		Culm length (cm)	Panicle length (cm)
	30 DAT**	60 DAT	30 DAT	60 DAT		
3	48.7a***	83.3b	15.1a	15.9a	74.6b	22.4b
10	49.8a	84.6b	15.9a	16.1a	75.2b	22.9b
20	51.6a	86.7a	16.4a	16.9a	76.9a	23.8a
30	50.2a	84.8b	16.2a	16.3a	75.7b	23.1ab

\* DBT: days before rice transplanting.

\*\* DAT: days after rice transplanting.

\*\*\* Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p<0.05).

벼 생육 중에 영양상태를 간접적으로 평가할 수 있는 SPAD 값을 이앙 30, 60, 100일에 각각 측정한 결과 Table 7에서 보는 바와 같이 60일까지는 차이가 없었다. 이앙 100일후 조사에서는 혼합유박비료를 이앙 20일전 처리구에서 26.6으로 가장 높았고, 나머지 처리구는 통계적으로 같은 수준이었지만, 평균값을 비교해보면 농가관행인 3일전 처리구가 가장 낮았다.

Table 7. Changes of chlorophyll contents in rice leaves responds to treatment time of mixed expelled cake fertilizer

Treatment (DBT*)	Chlorophyll contents (SPAD)		
	30 DAT**	60 DAT	100 DAT
3	37.7a***	35.2a	23.6b
10	37.9a	35.7a	24.1b
20	38.3a	35.9a	26.6a
30	38.1a	35.6a	24.9b

\* DBT: days before rice transplanting.

\*\* DAT: days after rice transplanting.

\*\*\* Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p<0.05).

혼합유박비료 사용시기에 따른 수량구성요소 변화는 Table 8에서 보는 바와 같이 수수는 처리 간에 유의성은 없었지만, 관행(이앙 3일전) 처리구에 비하여 이앙 20일 전 시용구에서 0.4개가 더 많았고, 등숙비율도 94.3%로 가장 높았고, 이앙 3일전 처리구에서 가장 낮아 혼합유박비료 사용시기가 빠를수록 등숙비율이 좋아져 도체에 흡수된 질소가 곡실로 원활하게 이동된 것으로 판단된다.

Table 8. Yield components of rice responds to treatment time of mixed expeller cake fertilizer at harvesting stage

Treatment (DBT <sup>*</sup> )	No. of tiller (ea/plant)	Ripening rate (%)	1,000 grain weight (g)	Perfect grain (%)	Yield (kg/10a)	Yield index
3	10.9a <sup>**</sup>	93.6	27.0	94.7	508c	100
10	11.0a	93.8	27.3	96.4	522b	103
20	11.3a	94.3	27.4	96.8	554a	109
30	11.1a	94.0	27.2	96.7	535ab	105

\* DBT: days before rice transplanting.

\*\* Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test,  $p < 0.05$ ).

또한 이앙 20일 전 처리에서도 현미 천립중이 27.4 g으로 가장 무거웠다. 완전립 비율은 이앙 3일 전 처리구에 비하여 이앙 20일 전 처리구에서 가장 높았고, 처리시기가 빠를수록 높아지는 경향을 보였고, 이앙 20일과 30일 전 처리구는 차이가 없었다. 백미 수량은 관행처리인 이앙 3일전 처리의 508 kg/10a에 비해 20일 전 처리구에서 9% 증수된 554 kg/10a을 얻었다.

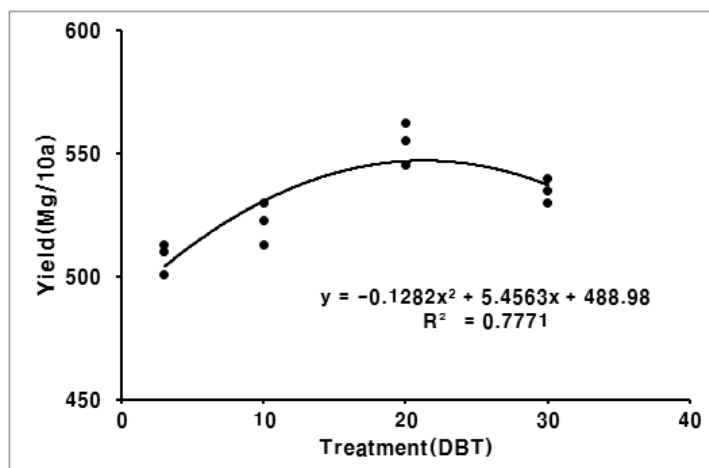


Fig. 2. Relationship between rice yield and treatment time of mixed expelled cake fertilizer. DBT: days before rice transplanting.

혼합유박비료 시용시기와 백미수량의 관계를 그림으로 표현하면 Fig. 2와 같은 관계식  $Y = -0.1282X^2 + 5.4563X + 488.98$ 을 얻을 수 있다. 이 관계식에서 최고수량을 얻을 수 있는 혼합유박비료 처리시기를 산출하면 21.3일이었고, 백미수량은 547 kg/10a으로 나타나 백미수량을 바탕으로 혼합유박비료 시비 시기는 이앙 21~22일 전에 처리하면 최고수량을 올릴 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다.

Table 9는 미질평가를 위해 백미의 몇가지 화학성분과 식미치를 조사한 결과이다. 혼합유박비료 시용시기에 따라 백도와 amylose는 차이가 없었고, 단백질함량은 5.4~6.1%로 시용시기가 늦어짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. 하지만 시비한 비료성분량은 모두 같은 수준이라 적정 단백질(6.5%) 수준보다 낮은 값을 보였다. 식미치는 이앙 20일과 30일 전이 같은 수준으로 나타났다. Yang 등(2008)도 혼합유박을 질소시비량의 70%를 이앙 10~15일 전에 시비했을 때 질소이용률이 높고, 현미의 단백질 함량이 낮아지고, 수량이 증대한다고 하였다.

따라서 친환경으로 벼를 재배하는 농가에서 관행적으로 혼합유박비료를 이앙 3일 전에 사용하기보다 이앙 20일(21~22일)경 전에 기비로 사용하고 경운작업을 실시하여 토양과 잘 혼합시킨 후 이앙하면 질소이용률이 높아지고 쌀 수량이 증대되는 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

Table 9. Chemical properties and palatability of white rice responds to treatment time of mixed expelled cake fertilizer

Treatment (DBT <sup>*</sup> )	Whiteness	Amylose (%)	Protein (%)	Palatability (Toyo-value)
3	38.2a**	18.2a	6.1a	70.5b
10	37.7a	18.3a	6.0a	72.2b
20	39.1a	18.5a	5.7ab	74.5a
30	37.8a	18.2a	5.4b	74.3a

\* DBT: days before rice transplanting.

\*\* Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p<0.05).

#### IV. 적 요

친환경 벼 재배농가에서 혼합유박비료를 관행적으로 이앙 3일 전에 사용함에 따라 분얼기 이후에 비료효과가 나타나므로 수량이 감소하는 문제를 해결하기 위해 본 연구를 수행하였다. 실내에서 조사한 혼합유박비료의 무기화는 담수조건에서 7주까지 NH<sub>4</sub>-N가 증가하

였고, 비답수 조건에서 5주까지  $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 증가하였다. 벼 이앙 20일에 논토양의 질소무기화는 이앙 20일 전 처리구가 0.85%로 가장 높았다. 수확기 토양특성은 혼합유박비료 시비시기에 따라 토양유기물함량을 제외하고 차이가 없었다. 이앙 60일에 초장, 간장, 수장은 이앙 20일 전 처리구가 가장 길었다. 또한 이앙 20일 전 처리구에서 수수, 등숙비율, 천립중이 높게 나타나 백미수량이 관행처리(이앙 3일 전)에 비해 9% 증가하였다. 백미의 백도와 amylose는 차이가 없었지만, 단백질 함량과 식미치는 이앙 20일과 30일전 처리에서 같은 수준이었다. 쌀 수량과 품질 등을 혼합유박비료 사용시기와 관계식으로 산출하면 혼합유박비료의 적정 사용 시기는 이앙 21.3일 전으로 나타났다.

[Submitted, April. 13, 2017 ; Revised, May. 4, 2017 ; Accepted, May. 16, 2017]

## References

1. Cho, J. L., H. S. Choi, Y. Lee, S. M. Lee, and S. K. Jung. 2012. Effect of organic materials on growth and nitrogen use efficiency of rice in paddy. *Korean J. Org. Agric.* 20: 211-220.
2. Cho, K. R., T. J. Won, C. S. Kang, J. W. Lim, and K. Y. Park. 2009. Effects of mixed organic fertilizer application with rice cultivation on yield and nitrogen use efficiency in paddy. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42: 152-159.
3. Cho, S. H. and K. W. Chang. 2007. Nitrogen mineralization of oil cajes according to chagnes in temperature, moisture, soil depth and soil texture. *J. Korea Org. Resour. Recyc. Assoc.* 15: 149-159.
4. Choi, H. S., C. R. Ro, and M. Gu. 2011. Effects of different organic apple production systems on seasonal nutrient variations of soil and leaf. *Sci. Hortic.* 129: 217.
5. Gee G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. In Klute A. (2nd ed.). *Methods of soil analysis. Part I.* American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison. Wisconsin, USA. pp. 383-411.
6. Kim, H. W., H. S. Choi, B. H. Kim, H. J. Kim, K. J. Choi, D. Y. Chung, Y. Lee, K. L. Park, and S. K. Jung. 2012. Change of organic rice yield as affected by surface and broadcast fertilizer applications. *Korean J. Org. Agric.* 20: 81-89.
7. Lee, Y., H. S. Choi, J. H. Shin, and S. M. Lee. 2012. Mineralized N of plant residues with different C:N ratios under upland and rice paddy condition. *J. Food Agric. Environ.* 10: 808-812.

8. NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Methods of soil and plant analysis. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
9. NIAST (National Institute of Agriculture Science & Technology). 2010. Method of soil and plant analysis. NIAST, Rural Development Administration, Korea.
10. Oh, T. S., C. H. Kim, S. M. Kim, M. J. Jang, Y. J. Park, and Y. K. Cho. 2016. Yield components of rice in accordance with the age and usage of organic fertilizer and chemical fertilizers. *Korean J. Org. Agric.* 24: 969-980.
11. Oh, W. K., B. L. Cho, and K. E. Lee. 1971. The effect of soil addition to oil-cake on decaying of the oil-cake and its efficiency as a fertilizer. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 4: 137-141.
12. Ok, J. H., J. L. Cho, B. M. Lee, N. H. An, J. H. Shin, and Y. Lee. 2016. Effect of oil cake banding application on growth and nutrient use efficiency in maize. *Korean J. Org. Agric.* 24: 907-917.
13. RDA (Rural Development Administration). 2004. Eco-friendly organic farming manual. Rural Development Administration, Suwon. pp. 53-64.
14. RDA (Rural Development Administration). 2009. Fertilizer Management Act and related regulation book. Rural Development Administration, Suwon.
15. RDA (Rural Development Administration). 2013. Investigation guidelines for agriculture experiment. Rural Development Administration. Jeonju, Korea.
16. Ryoo, J. W. 2009. Effects of application seasons and rates of swine liquid manure on yield and quality in rice. *Korean J. Org. Agric.* 17: 95-109.
17. Ryoo, J. W. 2014. Effects of application rates of liquid pig manure on rice growth, quality and soil properties. *Korea J. Org. Aric.* 22: 667-682.
18. Shin, J. H., N. H. An, S. M. Lee, J. H. Ok, and B. W. Lee. 2016. Estimation of N mineralization potential and N mineralization rate of organic amendments as affected by C:N ratio and temperature in paddy soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 49: 712-719.
19. Yang, C. H., C. H. Yoo, B. S. Kim, W. O. Park, J. D. Kim, and K. Y. Jung. 2008. Effects of application time and rate of mixed expeller cake on soil environment and rice quality. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41: 103-111.