

## 혼합유박 시용량 및 시용시기가 토양환경과 미질에 미치는 영향

양창휴\* · 류철현 · 김병수 · 박우균<sup>1</sup> · 김재덕 · 정광용

농촌진흥청 작물과학원 호남농업연구소, <sup>1</sup>농촌진흥청 농업과학기술원

### Effect of Application Time and Rate of Mixed Expeller Cake on Soil Environment and Rice Quality

Chang-Hyu Yang\*, Chul-Hyun Yoo, Byeong-Su Kim, Woo-Kyun Park<sup>1</sup>, Jae-Duk Kim,  
and Kwang-Yong Jung

Honam Agriculture Research Institute, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

<sup>1</sup>National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

This study was carried out to investigate the optimal application rate and time of mixed expeller cake (MEC) for the replacement of chemical fertilizer. Dongjin-1, as cultivated rice was used at Fluvio-marine deposit in Honam plain paddy field. Soil chemical properties were improved by the application of MEC. Contents of total nitrogen and organic matter were higher in 70%, 100% plots of basal dressing than standard fertilizer application (SFA) plot. Cation exchangeable capacity was highly increased in 70% plot of basal dressing. Also, the content of organic matter in soil was increased with MEC application. Cation exchangeable capacity, total nitrogen and available phosphate were decreased according to late application time. The content of inorganic nitrogen in soil showed high tendency at more application rate of MEC, and nitrogen mineralization at harvest season have finished in 50%, 70% plots of basal dressing. The content of inorganic nitrogen in soil was increased according to late application time, however it was decreased in the late period of growth. Leaf color value became darker with increased application rate of MEC. Leaf color was dark green in MEC application plots at panicle formation stage, on the other hand, it was light green in 50%, 70% plots of basal dressing at heading stage. SPAD reading value of leaf-color was high during the whole growth stage in MEC application plots. More application rate of MEC showed higher tendency of fertilizer nitrogen absorption. Nitrogen use efficiency was the highest in 70% plot of basal dressing. Absorbed amount of fertilized nitrogen was increased in 10~15days before transplanting and nitrogen use efficiency was high according to the late application time. The ratio of perfect kernel and the content of protein on hulled rice showed high tendency at the less application rate of MEC. The ratio of head rice on milled rice showed high tendency at the less application rate of MEC. Rice yield increased 4% in 100% and 70% plots of basal dressing compare with SFA (5.18 Mg ha<sup>-1</sup>) plot respectively. Ear and culm length of rice were long according to the late application time, while the numbers of spikelet and ear were increased and the percentage of ripened grain was decreased. Rice yield was increased 2~5% in all MEC application plots compared to SFA plot and especially, increased 10~15days before transplanting in application plots. The optimal application rate and time of MEC on normal paddy field in plain were concluded that 70% basal dressing and 10~15days before transplanting

**Key words** : Mixed expeller cake, Application time, Application rate, Soil environment, Rice quality

## 서 언

최근 농가에서는 유박, 어박, 증제골분 등 유기질비료의 사용이 증가하고 있다. 이들 유기질비료의 작물

과 토양에 미치는 효과는 토양의 물리성 개선 효과, 부식물질 등에 의한 화학적 및 비료적 효과, 유기물질이나 미생물이 분비하는 유기물질에 의한 생리적 효과 및 유용미생물이 증가하는 것에 의한 미생물적 효과로 여겨진다 (<http://www.wonye.co.kr>).

유기질비료는 무기영양분이 많고, 미생물에 의하여

접 수 : 2007. 11. 20 수 리 : 2008. 1. 11  
\*연락처 : Phone: +82638402272,  
E-mail: yang1907@rda.go.kr

분해될 때 각종 아미노산, 유기산, 핵산 등이 생성되며 부산물비료에 동·식물체의 찌꺼기를 원료로 하기 때문에 인위적 부속 과정을 필요로 하지 않는 특징이 있으며 재순환이 가능한 자원은 적절한 방법으로 농경지에 환원하여 부족한 양분을 화학비료로 보완해 주어야 한다.

국내에서 양질의 유박 생산량은 2001년도에 144천 Mg에서 2003년도에는 208천 Mg로 증가하고 있으며 (RDA, 2003) 농림부에서는 고품질 친환경 안전농산물을 선호하는 소비자의 요구에 부응하기 위하여 화학비료 대신 유기질비료의 지원을 확대하여 '04년도 60만 Mg에서 '06년도 120만 Mg에 달하고 있다 (MAF, 2006). 작물에 대한 비효는 확실하지 않고 이용도도 한정되어 있어 이들 유박의 이용증대와 시비 효율 및 화학비료대체 기술 연구가 필요하다고 생각된다. 수도작에서 유박사용 연구는 극히 소수에 불과한 실정으로 일본의 경우 수비로 유박 N 50 kg ha<sup>-1</sup>를 관행보다 10일 빨리 사용하면 수수가 많아지고 수장도 길어져 관행대비 6% 증수 되었다는 보고가 있다 (구주시험장, 1990). 또한 국내에서는 기계이앙 재배시 수비 요소를 채종유박으로 대체 사용하였을 때 수량은 관행대비 완효성비료(LCU) 40% 기비 사용 후 유박 사용량이 증가할수록 증가하였는데 유박을 수비 30% 사용할 때 2%, 50% 사용할 때 4% 증수되었으며, 증수요인은 m<sup>2</sup>당 영화수 증가에 있다고 하였다 (Kang et al., 2002).

이러한 취지에서 유박비료에 의한 화학비료 시비량을 줄이면서 표준 수량을 얻을 수 있는 화학비료 대체연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 평야지 혼합유박 사용에 의한 벼 재배시 적정 사용량 및 사용시기를 구명하여 벼 재배기술과 지속적인 쌀 안정 생산기술을 확립코자 수행하였다.

### 재료 및 방법

본 연구는 벼 재배시 혼합유박에 의한 화학비료 대체시험으로 호남농업연구소 벼 포장 전복통에서 동진 1호를 2003년부터 2004년까지 재배하였다.

본 시험에 사용한 혼합유박의 화학적 성분은 Table 1과 같으며 주성분은 주로 면실박, 미강박, 대두박 등으로 구성되었다.

시험① 혼합유박 적정 사용량 구명시험은 표준시비

(화학비료)구, 혼합유박 기비질소 100%, 70%, 50% 구, 무시비구로 하였으며, 시험② 혼합유박 사용시기 구명시험은 1년차에는 이앙 30일, 25일, 20일, 15일, 10일, 3일 전을, 2년차에는 이앙 30일 전을 제외하고 1년차와 동일하게 실시하였으며 모든 처리 공히 단구제로 수행하였다.

공시비료를 항온담수조건(25℃)에서 18주간 배양하였으며 미사질양토에서 질소무기화율은 72.4%를 나타냈다 (NHAES, 2001). 혼합유박 사용량은 기비 질소 시비량의 100%, 70%, 50% 대체량으로 환산하였으며 이와 같이 산출된 양에 의해 4,290 kg ha<sup>-1</sup>, 3,000 kg ha<sup>-1</sup>, 2,140 kg ha<sup>-1</sup>를 이앙 전 15일에 사용하였다.

표준시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=110-45-57 kg ha<sup>-1</sup>를 질소는 요소로 기비-분얼비-수비=50-20-30%로 3회 분시, 인산은 용성인비를 전량기비, 칼리는 염화칼리로 기비-수비=70-30%로 2회 분시 하였고 수비는 출수 20일 전에 사용하였다. 유박 사용구의 인산과 칼리는 혼합유박 중에 함유된 성분을 고려하여 가감 시비량을 계산한 결과 기비 70%, 50% 사용구에서 칼리비료는 각각 14, 28 kg ha<sup>-1</sup> 이었다. 혼합유박 사용시기 구명시험의 혼합유박 사용량은 표준 질소시비량인 110 kg ha<sup>-1</sup>을 기준하여 4,290 kg ha<sup>-1</sup>을 사용하였고, 인산과 칼리비료는 시험 전 토양분석에 의한 검정시비량 (RDA, 1999)에 의한 비옥도 유지용으로 각각 30 kg ha<sup>-1</sup>를 시비하였다.

토양 및 식물체 분석은 농업과학기술원 토양화학분석법 (NIAST, 2000) 에 준하여 pH는 초자전극법, 총 질소는 Kjeldahl 증류법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온은 1N-NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0) 용액으로 침출하여 ICP(Varian Livity 110, USA)를 이용하여 분석하였고 양이온치환용량은 1N-NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0) 용액으로 치환성 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>로 포화시키고 ethyl alcohol로 과잉의 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>를 세척 후 증류하여 정량하였다. 토양 중 무기태질소는 미량확산분석법 (토양표준분석·측정법위원회편, 1990)으로 conway를 이용하였다. 식물체는 질소는 시료를 70℃에 건조하여 분쇄한 후 습식분해하여 Kjeldahl법으로 분석하였다.

혼합유박의 화학성분은 농업과학기술원 액비 및 퇴비 분석법 (NIAST, 1999)에 준하여 분석하였으며, 현미의 외관품위는 RN-500(Kett, Japan)으로 단백질 등 화학성은 근적외선분석기 AN-700(Kett, Japan)를 이용하여 각 처리별로 3반복 조사하였으며, 엽색은 엽색

Table 1. Chemical components of used organic fertilizer.

OM	T-C	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C/N
----- % -----					
73.4	50.3	3.54	3.1	1.39	14.2

계(SPAD 502 meter, Minolta, Japan)로 상위 2번째 잎의 증양부를 측정하였다. 질소흡수량은 (단위면적당 건물중 × 총질소 함량)으로 계산하였고, 시비질소 흡수량은 (시비구 질소흡수량 - 질소 무시비구 질소 흡수량)으로 나타내었으며 질소이용률은 시비질소흡수량/질소시비량 × 100으로 산출하였다.

생육 및 수량조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사기준 (RDA, 2003)에 준하여 조사하였다.

### 결과 및 고찰

**토양화학성 변화** 벼 재배시 질소비료 대체를 위하여 혼합유박을 2년 동안 사용 후 토양화학성은 Table 2와 같다.

pH는 표준시비와 혼합유박 시용구 간에 차이가 없었고, 유기물 함량은 혼합유박 시용량이 많을수록 증가하는 경향을 보였으며, 높은 유기물 함량 (73.4%)에 기인하는 것으로 사료된다. 치환성염기 중 칼륨은 표준시비에 비하여 시용량이 많을수록 증가하였는데 이것은 혼합유박의 무기화 과정 중 용출된 칼리의 영향으로 판단되며, 칼슘 함량은 유박시용량에 따라 일정한 경향이 없었으나 마그네슘 함량은 혼합유박 시용구에서 약간 증가하였다. 한편 식토와 사질습담에서 유기물시용은 토양 중 치환성염기 함량을 감소시키고 (Oh, 1966) 세사양토, 미사질양토 및 식양토에 유기물을 시용할 경우 토양 중 치환성염기가 증가한

것으로 보고(Shin and Shin, 1975; Yamane and Matzura, 1970) 하였으나 이것은 유기물종류와 토양 환경에 따라 상이할 것으로 생각된다. 양이온치환용량도 표준시비 대비 혼합유박 시용구에서 증가하였는데 퇴비의 연용에 의한 양이온치환용량의 증대는 대부분이 유기물함량의 증가에 의존하고 있다고 하였으며 (Yamashita, 1967) 퇴비시용은 벼짚시용보다 근소하게 증가하였으며 (Kweon et al, 1984; Shin and Shin, 1975; Yamane and Matzura, 1970) 부식함량이 1% 증가함으로써 양이온치환용량이 약 2.3 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> 증가하는 보고(Oh, 1978)도 있어 본시험에서 양이온치환용량이 증가한 것은 유기물 함량이 증가하여 나타난 것으로 사료된다. 따라서 하해혼성층적층의 논토양에서 화학비료 대체를 위해 유기질비료와 부산물 퇴비를 시용할 때 부식 함량의 증가에 대한 연구는 매우 중요하다고 생각된다.

벼 재배시 혼합유박으로 화학비료 대체를 위하여 2년 동안 이앙 전 시용시기별 벼 수확 후 토양화학성 변화는 Table 3과 같다.

혼합유박 시용시기별 토양 pH는 표준시비구와 비슷하였고, 유기물 함량은 표준시비구에 비하여 시용시기별 혼합유박 처리구 모두에서 높았다. 유효인산 함량은 혼합유박 시용시기가 빠를수록 증가하였으며, 이는 유박시용에 따른 토양 Eh 감소로 Fe<sup>2+</sup> 이온이 증가하여 활성철에 흡착된 인산철이 가용화에 의해

**Table 2. Change of chemical properties in soil after experiment under different application rate of mixed expeller cake.**

Treatments <sup>†</sup>	pH	OM	T-N	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg	CEC
	1:5	----- g kg <sup>-1</sup> -----		----- mg kg <sup>-1</sup> -----		----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----		
Before experiment	6.4	23.4	0.09	84	0.45	10.3	4.3	12.6
SFA	6.5	24.6	0.20	70	0.30	9.0	3.0	12.0
BD 100%	6.5	26.8	0.23	66	0.33	8.8	3.4	12.5
BD 70%	6.6	26.6	0.23	71	0.32	9.4	3.6	13.1
BD 50%	6.4	25.0	0.21	80	0.30	8.8	3.6	12.6

<sup>†</sup> SFA : Standard fertilizer application BF : Basal dressing

**Table 3. Change of chemical properties in soil after experiment under different application time of mixed expeller cake.**

Treatments <sup>†</sup>	pH	OM	T-N	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg	CEC
	1:5	----- g kg <sup>-1</sup> -----		----- mg kg <sup>-1</sup> -----		----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----		
Before experiment	6.4	23.4	0.09	84	0.45	10.3	4.3	12.6
SFA	6.1	24.0	0.20	68	0.26	8.0	2.8	12.1
25 DBT	6.1	26.2	0.28	100	0.32	7.5	3.4	15.7
20 DBT	6.0	27.2	0.24	89	0.32	6.9	3.1	15.4
15 DBT	6.1	26.7	0.23	62	0.30	7.2	2.8	14.7
10 DBT	6.2	28.9	0.17	65	0.33	6.9	3.0	14.1
3 DBT	6.1	27.3	0.23	58	0.35	7.7	4.3	14.2

<sup>†</sup> SFA : Standard fertilizer application DBT : Days before transplanting

용출되었기 때문이며 (농산어촌문화협회, 1984) 담수에 의한 환원의 진행은 토양미생물의 활동에도 기여하고 있기 때문에 적당한 유기물 시용이 필요하다고 생각된다. 치환성칼륨 함량은 표준시비구에 비하여 시용 시기별 모든 혼합유박 처리구에서 증가하였으며 유박 중 칼리 함량이 1.39%로 높은 결과로 생각되며, 치환성칼슘 함량은 표준시비구에 비하여 낮아졌고, 치환성마그네슘 함량은 시용시기가 빠를수록 증가하는 경향을 나타냈다. 이와 같은 치환성마그네슘 함량의 증가도 전술한 바와 같이 토양의 환원에 의한 영향으로 생각된다. 양이온치환용량은 표준시비구에 비하여 모든 시용시기에서 증가를 나타낸 것은 치환성칼륨 및 마그네슘 함량이 증가되었던 결과로 생각된다.

**토양 중 무기태질소 함량변화** 주요 생육시기별 토양 중 NH<sub>4</sub>-N 함량변화는 Table 4와 같다. 혼합유박을 기비로 시용시 활착기인 이앙 후 7일째의 NH<sub>4</sub>-N 함량은 표준시비구 46.1 mg kg<sup>-1</sup>에 비하여 혼합유박 시용구에서 61.4~101.6 mg kg<sup>-1</sup>로서 혼합유박 시용량이 많을수록 높았으며 전 생육기간 동안 가장 많았다. 또한 생육시기가 경과할수록 NH<sub>4</sub>-N 함량은 감소하였고 시기별로 차이가 없었는데 이것은 혼합유박의 C/N율이 14.2로 낮아 무기화현상이 적었기 때문으로 생각되었다. 한편 수확기 토양 중 NH<sub>4</sub>-N 함량이 혼합유박 70%, 50% 시용구에서 적었는데 이와 같이

NH<sub>4</sub>-N이 나타나지 않는 것은 시용한 혼합유박 중 무기태질소가 거의 소진되었다는 것으로 양분관리측면에서 바람직한 현상이라 생각된다.

혼합유박 시용시기별 벼 생육기간 동안 토양 중 무기태질소 함량은 Table 5와 같다. NH<sub>4</sub>-N의 최고 시기별 함량은 이앙 30일, 15일, 10일 전 시용구는 유효분얼중지기, 이앙 25일, 20일, 3일 전 시용구는 최고분얼기로 나타났다. 수확기 때 이앙 30일 전 시용구에서 NH<sub>4</sub>-N 함량이 가장 많은 것은 지온이 낮은 시기에 시용한 혼합유박이 미생물의 활동이 왕성하지 못하여 생육후기까지 남아있는 결과를 보였고, 이앙 15일, 10일 전에 시용한 혼합유박은 미생물의 활동으로 생육초기에 무기화가 촉진되어 NH<sub>4</sub>-N 함량이 많은 것으로 사료된다. 한편 이앙 3일 전 시용 때에는 미생물에 의한 무기화 할 수 있는 기간이 길어져 최고분얼기에 최고를 나타낸 것으로 생각된다.

**생육시기별 엽색도 및 시비질소 흡수량** 혼합유박 시용량 및 시용시기에 따른 엽색도 변화는 Table 6과 같다. 혼합유박 시용구에서 유수형성기까지 표준시비구보다 높게 유지되었다가 출수기 이후에는 기비 100%구를 제외하고는 표준시비구보다 낮게 유지되었는데 이는 Figure 1과 같이 토양 중 NH<sub>4</sub>-N 함량과 관련이 있는 것으로 생각된다. 한편 기비 50% 시용구에서 출수기에 비절현상이 나타났으나 현미 중 단백질

**Table 4. Inorganic nitrogen content in soil under different application rate of mixed expeller cake.**

Treatments <sup>†</sup>	CETS(6.2)	MTS(6.30)	PFS(7.28)	HS(8.25)	RP(9.22)
----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
SFA	46.1	6.6	3.3	3.8	1.0
BD 100%	101.6	29.6	2.2	3.0	1.0
BD 70%	68.2	8.4	6.0	3.6	0.8
BD 50%	61.4	10.4	5.5	2.8	0.1

<sup>†</sup> CETS : Critical effective tillering stage MTS : Maximum tillering stage PFS : Panicle formation stage HS : Heading stage RP : Ripening period  
SFA : Standard fertilizer application BD : Basal dressing

**Table 5. Inorganic nitrogen content in soil under different application time of mixed expeller cake.**

Treatments <sup>†</sup>	CETS	MTS	PFS	HS	RP
----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
SFA	6.6	14.2	3.3	1.6	0
30 DBT	18.7	14.2	7.9	2.3	0.4
25 DBT	10.2	24.8	3.3	2.2	0.2
20 DBT	18.0	20.6	3.6	2.8	0.2
15 DBT	29.6	12.4	2.2	4.4	0
10 DBT	19.2	11.4	3.3	2.0	0.1
3 DBT	26.4	54.4	2.5	3.4	0.1

<sup>†</sup> CETS : Critical effective tillering stage MTS : Maximum tillering stage PFS : Panicle formation stage HS : Heading stage RP : Ripening period  
SFA : Standard fertilizer application DBT : Days before transplanting

질 함량은 낮을 것으로 예측된다. 또한 혼합유박 시용 시기별 엽색도의 변화는 표준시비구에 비하여 혼합유박 시용구에서 최고분얼기까지 모두 높게 나타났고, 출수기에는 이앙 25일 전 시용구에서 가장 높았고 20일 전 시용에서 가장 낮았다. 엽색은 이앙 15일, 10일 전 혼합유박 시용구에서 출수기까지 점진적으로 낮아져 수도체로의 질소공급이 원활하게 공급되고 있는 것을 알 수 있었다.

혼합유박에 의한 질소비료 대체시용에 의한 시비질소 흡수량의 변화는 Figure 1과 같다. 시비질소 흡수량은 표준시비구에 비하여 출수기까지 혼합유박 기비 대체 시용량이 많을수록 높았고, 성숙기에는 표준시비구 37 kg ha<sup>-1</sup>에 비하여 혼합유박 기비 100%, 70% 시용구에서 70, 54 kg ha<sup>-1</sup>로 많았으며 혼합유박 기비 50% 시용구에서는 31 kg ha<sup>-1</sup>로 적었다. 화학비료 대체 유기자원으로서 수도작에 대한 유박의 활용은 지력유지 뿐만 아니라 작물생육에 충분한 질소를 함유

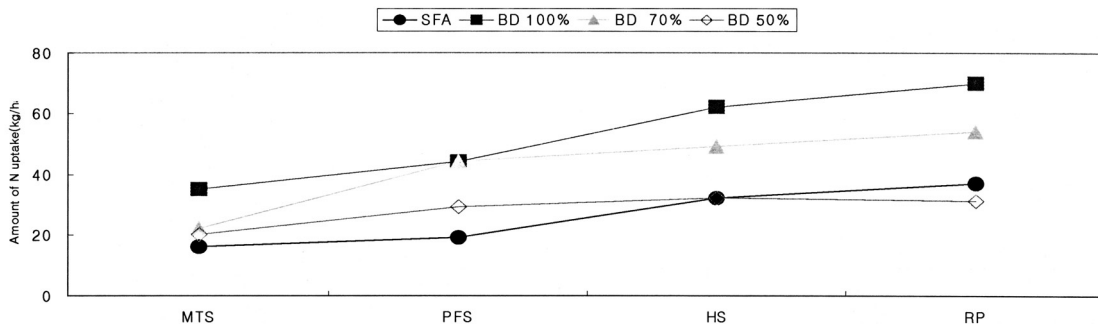
하고 있어 활용성이 높다고 판단된다. 유박 시용시기에 따른 주요 생육시기별 시비질소 흡수량은 Table 7과 같다. 시비질소 흡수량은 표준시비에 비하여 혼합유박 시용구에서 전 생육기간 많았다. 성숙기의 시비질소 흡수량이 이앙 전 15일, 10일 시용구에서 가장 많은 것은 생육초·중기부터 흡수량이 많았으며, 토양 중 무기화작용이 원활하여 수도체로의 흡수가 양호했기 때문으로 사료된다.

**질소이용률** 혼합유박에 의한 질소비료 대체 시용으로 성숙기 벃짚과 곡실 중 질소이용률은 Figure 2와 같다. 표준시비구 34.2%보다 혼합유박 시용구에서 57.2~69.9%로 높았다. 생육중기인 유수형성기까지는 혼합유박 기비 100%구에서 높게 유지 되었으나 출수기 이후에는 혼합유박 기비 70%구에서 높았다. 이와 같이 생육중기까지 시용량이 많은 처리구에서 질소이용률이 낮은 것은 C/N율은 낮았으나 미생물이 분해

**Table 6. Changes of leaf color during growth stage under different application rate and application time of mixed expeller cake.**

Treatments <sup>†</sup>	MTS	PFS	HS
SFA	35.0	28.6	33.2
BD 100%	41.7	37.8	34.4
BD 70%	40.9	34.6	31.0
BD 50%	39.6	33.2	29.7
Non fertilization	34.3	28.8	28.4
-----			
30 DBT	43.5	39.0	32.2
25 DBT	40.5	35.4	37.2
20 DBT	40.1	34.5	30.7
15 DBT	41.7	37.8	34.4
10 DBT	40.8	38.2	33.5
3 DBT	41.4	38.2	33.1

<sup>†</sup> MTS : Maximum tillering stage PFS : Panicle formation stage HS : Heading stage SFA : Standard fertilizer application BD : Basal dressing DBT : Days before transplanting



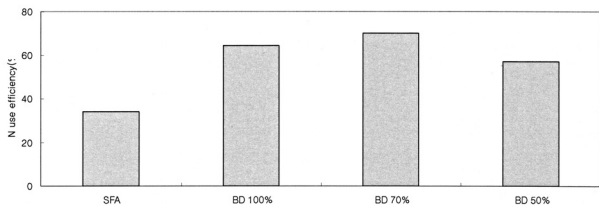
<sup>†</sup> SFA : Standard fertilizer application BD : Basal dressing MTS : Maximum tillering stage PFS : Panicle formation stage HS : Heading stage RP : Ripening period

**Fig. 1. Amount of fertilized nitrogen in rice plant of four different growth stages under different application rate of mixed expeller cake.**

**Table 7. Amount of fertilized nitrogen in rice plant at four different growth stages under different application time of mixed expeller cake.**

Treatments <sup>†</sup>	MTS	PFS	HS	RP
----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
SFA	16	19	32	37
30 DBT	39	42	51	51
25 DBT	29	35	47	44
20 DBT	38	46	51	55
15 DBT	35	44	62	71
10 DBT	50	53	62	76
3 DBT	40	49	60	65

<sup>†</sup> MTS : Maximum tillering stage PFS : Panicle formation stage HS : Heading stage SFA : Standard fertilizer application  
DBT : Days before transplanting



<sup>†</sup> SFA : Standard fertilizer application BD : Basal dressing

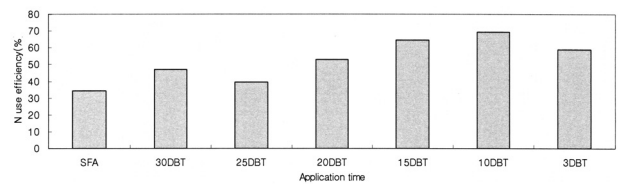
**Fig. 2. Nitrogen use efficiency in rice straw and cereal under different application rate of mixed expeller cake.**

할 수 있는 질소량이 부족했기 때문으로 보며 혼합유박 70%구에서 질소이용률이 높은 것은 미생물이 무기화할 수 있는 조건으로 되었기 때문으로 추측된다. 따라서 이와 같이 기비 질소비료로 혼합유박을 대체할 때 표준 질소시비량의 70% 사용량이 적절할 것으로 생각된다.

혼합유박 시용시기별 질소이용률은 Figure 3과 같이 표준시비구 34.2%에 비하여 혼합유박 시용구에서 39.4~69.4%로 월등히 높았는데 이는 유박이 완효성 비료의 역할을 하였기 때문으로 사료된다. 혼합유박 시용시기별 질소이용률은 이앙 10일 전>이앙 15일 전>이앙 3일 전>이앙20일 전>이앙 30일 전>이앙 25일 전 시용구 순으로 높게 나타났다. 이와 같이 이앙 전 10일, 15일 전 시용구에서 각각 69.4%, 64.3%로 이용률이 높은 것은 벼 뿌리에서 무기태질소를 흡수할 수 있는 기간과 토양 중 혼합유박이 무기화되어 용출되는 무기태질소의 용출시기가 일치되었기 때문으로 사료된다.

**수량 구성요소 및 수량성** 혼합유박 시용에 의한 질소비료 대체시 수량 구성요소 및 수량성은 Table 8 과 같다.

간장은 표준시비구보다 혼합유박 시용구에서 73.6~81.0 cm로 길었고, 수장은 표준시비구보다 기비 100% 구에서 약간 길었다. m<sup>2</sup>당 수수는 표준시비구 293개



<sup>†</sup> SFA : Standard fertilizer application DBT : Days before transplanting

**Fig. 3. Nitrogen use efficiency in rice straw and cereal under different application time of mixed expeller cake.**

에 비하여 혼합유박 시용구에서 53~103개 많이 확보하였고, m<sup>2</sup>당 영화수도 표준시비구보다 혼합유박 시용구에서 많았다. 등숙비율은 혼합유박 시용구에서 약간 낮았으며, 혼합유박 기비 대체량이 적을수록 높은 경향을 나타냈다. 현미 천립중은 표준시비구에서 무거웠고, 쌀 수량은 표준시비구(5.18 Mg ha<sup>-1</sup>) 대비 기비 70%, 100%구에서 각각 4% 증수되었으며 기비 50%구는 대등하였다. 따라서 수량성의 결과로 볼 때 혼합유박을 기비로 대체시 70% 사용하는 것이 적당할 것으로 사료된다. 또한 혼합유박 시용시기에 따른 수량 구성요소와 수량을 살펴보면 간장은 표준시비구보다 혼합유박 시용구에서 76.3~81.0 cm로 길었고, 이앙 전 15일, 10일 시용구에서 가장 길었으며, 시용시기가 늦을수록 길어지는 경향을 나타냈다. 수장은 표준시비구 대비 이앙 전 15일 시용구에서 약간 길었고 10일 전 시용구와 같았으며, 혼합유박 시용시기가 빠를수록 짧아지는 경향을 나타냈다. m<sup>2</sup>당 수수 및 영화수는 표준시비구에 비하여 혼합유박 시용구가 많이 확보하였으나 등숙비율이 낮았고, 이는 도체에 흡수하였던 질소가 곡실로 원활하게 전이하지 못한 때문으로 판단된다. 현미 천립중은 표준시비구와 이앙 전 25일, 3일 전 시용구는 비슷하였으나 다른 처리구에서는 모두 가벼웠다. 쌀 수량은 표준시비구(5.18 Mg ha<sup>-1</sup>) 대비 혼합유박 시용구에서 2~5% 증수되었으나 유의성은 인정되지 않았다.

**Table 8. Rice yield and yield component under different application rate and application time of mixed expeller cake.**

Treatments <sup>†</sup>	Culm length	Ear length	No. of panicle per m <sup>2</sup>	No. of spikelets per m <sup>2</sup>	Percent ripened grain	1,000 grain weight	Milled rice yield	Yield index
	----- cm -----		ea	× 1,000	%	g	Mg ha <sup>-1</sup>	
SFA	69.5	19.0	293	28.7	88.4	19.6	5.18	100
BD 100%	81.0	19.4	396	38.3	75.8	18.6	5.38	104
BD 70%	77.7	17.7	392	36.6	82.8	19.2	5.37	104
BD 50%	73.6	18.0	346	34.4	85.6	19.2	5.17	100
Non fertilization	60.2	17.8	230	19.8	87.9	19.2	3.73	72
30 DBT	76.3	17.6	385	44.9	81.9	18.9	5.37	104
25 DBT	76.4	18.0	373	36.4	79.2	19.5	5.43	105
20 DBT	79.1	18.6	382	43.8	78.8	18.0	5.34	103
15 DBT	81.0	19.4	396	38.3	75.8	18.6	5.40	104
10 DBT	80.7	19.0	396	44.9	77.6	17.7	5.41	104
3 DBT	80.0	18.2	388	41.2	74.4	19.7	5.30	102

<sup>†</sup> SFA : Standard fertilizer application BD : Basal dressing DBT : Days before transplanting

**현미 중 외관적 품질 및 화학적 특성** 혼합유박 기비 대체 시용에 따른 현미의 외관적 품질 및 화학적 성분은 Table 9와 같다. 완전립 비율은 표준시비구에 비하여 혼합유박 시용구가 낮았고, 기비 대체 시용량이 적을수록 높아지는 경향을 나타냈다. 혼합유박 70%, 50% 시용구에서는 표준시비구와 큰 차이가 없었으나 100% 시용구에서 6.3%가 낮아 현미의 품질면에서는 기비 대체 100% 시용이 바람직하지 않은 것은 불완전립 비율 중 미숙립과 피해립 비율이 크게 증가하였기 때문으로 사료된다. 완전미 비율은 표준시비구에 비하여 혼합유박 100% 시용구에서 낮았고, 혼합유박 70%와 50% 시용구에서는 높았다. 현미 중 단백질 함량은 혼합유박 시용구에서 낮았고, 아밀로스 함량은 100% 시용구, 지방산 함량은 표준시비구에서 높게 나타났다. 우분퇴비, 돈분퇴비 및 계분퇴비를 논에 연용시 기비량을 50% 감비하면 관행(화학비료 시비) 수량과 같거나 높았고, 미질이 저하하지 않았다(구주농업시험장, 1992). 한편 벗짚 8,000 kg ha<sup>-1</sup>, 벗짚퇴비 40,000 kg ha<sup>-1</sup> 시용하면 현미 중 질소 함량이 증가하고 식미치가 저하되었으나, 벗짚 8,000 kg ha<sup>-1</sup>

를 시용할 때 수비를 생략하면 현미 중 질소 함량이 낮아지고, 쌀 수량은 감소하지 않았으며 식미가 향상되었다는 보고(구주시험장, 2000)가 있다. 혼합유박 시용시기에 따른 현미의 외관적 품질 향상 및 화학적 성분은 Table 10과 같다. 완전립비율은 표준시비구에 비하여 모두 낮았고, 시용시기가 늦을수록 낮아지는 경향을 나타낸 것은 미숙립과 피해립의 증가 때문이었다. 이와 같이 완전립 비율이 낮은 것은 표준 질소 시비량 110 kg ha<sup>-1</sup>의 혼합유박을 시용했기 때문이고, 70%, 50% 시용량에서는 완전립 비율이 증가될 것으로 사료된다. 혼합유박 시용시기별 완전미 비율은 표준시비구에 비하여 낮아졌는데, 이는 등숙비율이 낮은 결과로 생육후기까지 흡수한 시비질소가 곡실로 전이기간이 짧았기 때문으로 이앙 3일 전 시용구에서 가장 낮았다. 한편 단백질 함량은 표준시비구에 비하여 이앙 3일 전 시용구를 제외하고 약간 낮아졌고 아밀로스 및 지방산 함량은 표준시비구와 비슷한 경향을 나타냈다.

결론적으로 평야지 보통답에서 벗 재배시 표준 질소시비량(110 kg ha<sup>-1</sup>)의 70%(77 kg ha<sup>-1</sup>)를 혼합유

**Table 9. Chemical components and appearance quality in brown rice under different application rate of mixed expeller cake.**

Treatments <sup>†</sup>	Head rice	Perfect grain	Imperfect grain				Protein	Amylose	Fatty acid
			Crack	Immature	Damage	Dead			
			----- % -----						mg
SFA	73.3	80.1	6.4	7.4	5.9	0.2	8.0	19.2	17.0
BD 100%	69.0	73.8	5.7	12.5	6.2	1.8	7.9	19.4	16.8
BD 70%	73.6	78.5	6.0	8.6	4.5	2.4	7.6	19.2	16.7
BD 50%	73.6	79.2	7.2	8.6	4.5	0.5	7.4	19.2	16.7

<sup>†</sup> SFA : Standard fertilizer application BD : Basal dressing

**Table 10. Chemical components and appearance quality in brown rice under different application time of mixed expeller cake.**

Treatments <sup>†</sup>	Head rice	Perfect grain	Imperfect grain				Protein	Amylose	Fatty acid
			Crack	Immature	Damage	Dead			
----- % -----									
SFA	76.2	71.0	10.4	9.2	9.3	0.1	8.2	19.2	18.6
25 DBT	74.4	69.8	10.0	11.9	7.9	0.4	8.0	19.2	18.8
20 DBT	69.9	63.1	13.7	10.9	11.7	0.6	8.0	19.2	18.7
15 DBT	68.5	62.5	9.7	16.7	10.0	1.1	8.1	19.3	18.6
10 DBT	69.9	62.6	13.1	12.8	10.7	0.8	8.0	19.2	18.6
3 DBT	65.6	63.4	9.1	14.8	11.8	0.9	8.4	19.2	18.5

<sup>†</sup> SFA : Standard fertilizer application DBT : Days before transplanting

박(3,000 kg ha<sup>-1</sup>)을 이앙 10~15일 전에 전량 기비로 사용하고 로타리 작업으로 토양과 잘 혼합시킨 후 이앙하면 질소이용률이 높고, 현미 중 단백질 함량이 낮으며 쌀 수량이 증대되었다.

### 적 요

벼 재배시 유기질비료에 의한 질소비료 대체를 위하여 혼합유박의 적정 시용량 및 시용시기를 구명코자 전북통에서 동진1호를 공시하여 2년 동안 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다. 시험 후 토양화학성 중 유기물 함량은 표준시비에 비하여 혼합유박 기비 100%구에서 높은 반면에 총질소 함량은 가장 낮았으며 유효인산 함량은 혼합유박 대체 시용량이 적을수록 높았다. 또한 표준시비구에 비하여 혼합유박 시용구에서 유기물 함량이 높았고, 유효인산, 총질소 함량 및 양이온치환용량은 혼합유박 시용시기가 늦을수록 낮아지는 경향을 나타냈으며 치환성양이온은 큰 변화가 없었다. 토양 중 무기태질소 함량은 혼합유박 시용량이 많을수록 높은 경향으로 수확기 무기태질소는 기비 70%, 50% 시용구에서 거의 용출이 완료되었으며 질소 110 kg ha<sup>-1</sup>를 혼합유박으로 전량 기비로 시용하였을 경우 시비질소의 무기태질소 함량은 시용시기가 늦을수록 많았으나 생육후기로 갈수록 낮아지는 경향을 보였다. 생육시기별 SPAD 측정치는 표준시비에 비하여 혼합유박 대체 시용량이 많을수록 높은 경향을 나타냈고, 생육중기까지는 혼합유박 시용구에서 표준시비구보다 짙은 반면에 생육후기에는 기비 70%, 50% 시용구에서 열었으며 혼합유박 시용시기가 늦을수록 생육전반에 걸쳐 짙은 경향을 나타냈다. 또한 시비질소 흡수량은 혼합유박 대체 시용량이 많을수록 많았고 성숙기에는 기비 50% 시용구에서 표준시비구보다 흡수량이 적었으며 질소이용률은 기비 70% 시용구에서 가장 높았다. 혼합유박 시용시기가 이앙 전 10~15일 시용구에서 시비질소 흡수량이 가장 많았고 시용시기가 빠를수록 적어졌으며 질소이용률도 같은

경향이였다. 쌀 수량은 표준시비구( 5,18 Mg ha<sup>-1</sup>) 대비 기비 50% 시용구에서는 대등하였으나, 기비 70%, 100% 시용구에서 수수 및 영화수 확보가 많아 4% 증수되었고, 유박 시용구에서 2~5% 증수되었으며 특히 이앙 전 15~10일 시용구에서 높았다. 또한 시용시기가 늦을수록 간장과 수장이 길었고 수수와 영화수 확보가 많았으나 등숙비율은 낮아지며 현미 천립중은 큰 차이를 나타내지 않았다. 현미의 외관적 품질 중 완전립 비율은 기비 100% 시용구에서 가장 낮았고, 완전미 비율은 기비 70%, 50% 시용구에서 높았으며 현미 중 단백질 함량은 혼합유박 시용으로 적은 경향을 나타냈다.

결론적으로 평야지 보통논의 혼합유박 적정 시용량 및 시용시기는 기비 70%, 이앙 전 10~15일 시용으로 판단되었다.

### 인 용 문 헌

<http://www.wonye.co.kr/technical/material/etc135.htm>  
 Kang, S.W., C.H. Yoo, C.H. Yang, and S.S. Han. 2002. Effects of rapeseed cake application at panicle initiation stage on rice yield and N-use efficiency in machine transplanting cultivation. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 35:272-279.  
 Kwun, K.C., J.K. Kim, I.Y. Kim, S.H. Park, and D.S. Jo. 1984. Effects of continuous fertilizations on physical and chemical properties of paddy soil and growth of rice plant. Res. Rept. RDA. 26:67-76.  
 MAF. 2006. Environment friendly product rearing counterplan. Ministry of Agricultural and Forestry. Seoul. Korea  
 NHAES. 2001. Study on characteristics of nitrogen mineralization in different organic fertilizer. Report of Honam Agricultural Experiment Station. p. 331-341.  
 NIAST. 1999. Solid and liquid composting of animal manure and its utilization. National Institute of Agricultural Science and Technology. Suwon. Korea.  
 NIAST. 2000. Soil and analysis method of plant body. National Institute of Agricultural Science and Technology. Suwon. Korea.  
 Oh, W.K. 1966. Effects of organic materials application on paddy



- soil physico-chemical properties. Res. Rept. RDA. 9:175-208.
- Oh, W.K. 1978. Effects of organic materials on soil chemical properties. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 11:161-173.
- RDA. 1999. Fertilizer recommendation in standard levels for crops. Rural Development Administration. Suwon. Korea.
- RDA. 2003. The experimental protocol for agricultural experiments. Rural Development Administration. Suwon. Korea.
- RDA. 2003. Statistics on rural development enterprise. Rural Development Administration. Suwon. Korea.
- Shin, J.S., and Y.H. Shin. 1975. The effect of long-term organic matter addition on the physicochemical properties of paddy soil. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 8:19-23.
- Yamane, C.S., and H.H. Matzura. 1970. Change of soil physico-chemical properties after application rice straw. Res. Rept. Chugoku National Agricultural Experiment Station. 5:69-76.
- Yamashita, K.H. 1967. Effect of long-term application compost on the humus and physico-chemical properties of paddy soil. The report of National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region. 13:113-156.
- 九州農業試験場. 1990. 九州農業試験研究成績・計画 概要集. p. 211-212.
- 九州農業試験場. 1992. 九州農業試験研究推進會議資料.
- 九州農業試験場. 2000. 持続性のある農業における施肥改善技術の確立. 九州農業試験研究成績・計画概要集. 11.
- 農産漁村文化協會. 1984. 土壤に関する養分の動態. 農業技術大系(土壤肥料編). p. 151-155.
- 土壤標準分析・測定法委員會編. 1990. 土壤標準分析・測定法. p. 110-114. 博友社. 日本.