

## 유기물 시용이 벼의 생육 및 수량과 잡초발생에 미치는 영향

안정구\*\*\*\* · 이윤상\*\* · 이상영\*\* · 이철원\* · 우선희†

\*충북대학교 식물자원학과, 361-763, 충북 청주시 흥덕구 성봉로 410, \*\*충청북도 농업기술원, 363-883, 충북 청원군 오창면 괴정리, \*\*\*농촌진흥청, 441-707, 경기도 수원시 권선구 수인로 151

## Effects of Organic-Matter Application on Weed Occurrence and Growth, Yield of Rice Plants

Jeong-Koo Ahn\*\*\*\*, Yun-Sang Lee\*\*, Sang-Young Lee\*\*, Chul-Won Lee\*, and Sun-Hee Woo†

\*Department of Crop Science, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea

\*\*Chungbuk Agricultural Research and Extension Services, Ochangmyeon, Cheongwongun, 363-883 Korea

\*\*\*Rural Development Administration Extension Services, Suwon, 441-707 Korea

**ABSTRACT** Objective of this research was to evaluate the effects of different organic matter on growth and yield in rice plants and suppression of weed occurrence in paddy soil. The treatments consisted of rice bran, expeller cake, or combination of rye green manure and rice bran without any agrochemical or fertilizer. At 50 days after transplanting (DAT), plant height of rice between conventional practice and expeller cake treatments were similar, while rice bran treatment was inhibited growth of rice during growing period. Also, heading date of rice among the all treatments was not significantly different. Rice yield in expeller cake or rye green manure and rice bran treatments was attained to 91% and 98% of the conventional practice, respectively, while the value in rice bran treatments was just 82%. On the other hand, at 40 DAT of rice plants, occurred major weed species in organic matter treatments were four species, while those in conventional practice were two species. Additionally, the dry weight of weeds in rice bran treatment was significantly inhibited compared to it of expeller cake or combination of rye green manure and rice bran treatments, while the value in rice bran treatment was higher than the conventional practice.

**Keywords** : expeller cake, organic matter, rice bran, rice cultivation, weed control

**우리나라**는 2013년까지 2003년 대비 화학비료와 농약 사용량을 40% 줄인다는 계획 하에 종합병해충 관리시스템 도입과 화학비료 줄이기 및 친환경농업 확대 등 제3차 친환경

농업육성 5개년 계획에 따른 다양한 시책을 시행하고 있다 (Rural Development Administration, 2004). 친환경농업의 일환으로 유기물을 시용함으로써 화학비료의 사용량을 감축시킬 수 있고, 지속적인 이용에 따라 장기적으로 토양의 유기물 함량을 증대시키는 등 토양의 이화학적 특성을 개선시켜 지속적인 작물재배 환경을 개선시켜 준다.

친환경 농업을 위한 다양한 유기물 이용으로는 녹비작물 환원, 퇴비사용, 농업부산물 이용 등 주변으로부터 다양한 요소를 찾아볼 수 있다. 작물재배 과정은 이러한 유기물 활용 방법으로 작물생육에 필요한 양분공급 효과를 근본으로 하며 여기에 잡초방제 효과까지 고려하여야 한다. 친환경 농업을 위한 기술은 잡초방제에도 중점을 두고 발전해 오고 있다. 다양한 친환경 농법 가운데 쌀겨농법은 일본에서 유기농 쌀 생산 농가들에 의해 시작된 농법이다(Won *et al.*, 2008). 쌀겨는 벼 재배 농가의 부산물로서 일반농가에서 사료, 퇴비, 양열재료 등으로 널리 이용되어 왔으나 제한된 생산량, 취급 시 불편한 점 등 때문에 최근에는 주로 대형 RPC에서 수거업자들을 통하여 소모되고 있는 실정이다(Won *et al.*, 2008). 쌀겨를 눈에 살포시 유효미생물의 증식, 잡초발아억제 및 비료효과 등을 거둘 수 있어 친환경 작물생산을 위해 많이 이용되고 있는 재배법 중의 하나이다.

또한 친환경 농자재의 하나인 유박의 적정 사용량과 분시효과 및 적정 처리시기 구명을 통해 벼의 수량을 증대시키는 방법이 있다(Yang *et al.*, 2008). 유기물 이용 효과를 극대화하기 위하여 쌀겨뿐만 아니라 유박을 혼합하여 이용한 결과, 쌀겨

†Corresponding author: (Phone) +82-043-261-2515 (E-mail) shwoo@cbu.ac.kr

<Received 16 June, 2012; Revised 20 June, 2012; Accepted 21 June, 2012>

단독 처리보다 잡초의 억제효과가 높았고, 대두박을 47%정도 혼합하여 시용할 경우 효과가 높다고 하였다(Ahm *et al.*, 2008).

한편 녹비작물은 식물체가 분해되어 방출되는 양분은 후작물의 영양 공급원이 되며, 지력증진 및 토양의 이화학적성을 개선해 준다(Choi *et al.*, 2008). 이외에도 생물다양성과 토양의 수분 보유능을 증가시키며(Sarrantonio & Scott 1988), 식물잔유물의 분해과정에서 생육억제물질(타감물질)을 방출함으로써 잡초 방제에도 효과적인 것으로 알려져 있다(Petersen *et al.*, 2001).

그리고, 농경지에 투입되는 유기물의 종류, 투입량, 재배방법 및 기상조건에 따라 유기물의 다양한 양상을 나타낼 수 있어 적절한 이용 기술의 적용 또한 중요하다. 또 공급된 유기물은 토양 내 부식함량 증가 및 유용 미생물의 활성을 촉진시켜 농업생태계에서 지속적인 생산성 유지에도 기여한다.

따라서 본 실험에서는 쌀겨, 유박, 녹비작물 환원 등 다양한 유기물 시용에 따른 잡초방제와 벼 수량을 종합적으로 조사하여 효과적이고 환경친화적인 벼 재배기술을 알아보기 위하여 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 벼 재배 및 처리구 설치

본 실험은 유색미인 조생흑찰을 시험품종으로 하여, 충청북도농업기술원의 답작포장에서 수행하였다. 벼씨는 종자소독 후 5월 20일에 모판당 180 g을 파종하여 육묘하였다. 이앙은 6월 15일에 재식거리를 30×14 cm로 하여 주당 3~5본씩 증묘 기계이앙하였다.

관행구는 벼 재배를 위하여 질소-인산-칼리(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O)를 각각 90-45-57 kg ha<sup>-1</sup> 수준으로 시용하였다. 질소는 이앙 전 50% 기비와 벼 생육 중 분얼비를 20%, 수잉기에 수비를 30%로 분시하였으며, 인산은 전량 기비로 하였고, 칼리는 기비와 수비를 각각 70, 30%의 비율로 분시하였다.

벼 재배를 위한 잡초방제 및 벼의 수량에 미치는 영향을 평가하기 위하여 쌀겨, 유박, 호밀 등의 다양한 유기물 처리구를 조성하였다. 쌀겨처리구는 질소함량이 2.2%인 쌀겨를 이앙 전 2,000 kg ha<sup>-1</sup>을 처리하였으며, 이앙 5일 후 2,000 kg ha<sup>-1</sup>을 추가로 살포하였다. 유박처리구는 질소가 4.1% 함유된

고형유박을 ha 당 이앙 전 1,200 kg과 이앙 5일 후 1,000 kg으로 나누어 살포하였다. 호밀녹비+쌀겨처리구는 벼 수확 후 호밀 200 kg ha<sup>-1</sup>을 파종하였고 벼 이앙 30일 전 경운하여 토양에 환원하였고, 이앙 5일 후 쌀겨를 1,000 kg ha<sup>-1</sup>를 살포하였다. 호밀녹비 환원 시 호밀 생초량은 21 M/T ha<sup>-1</sup>이었으며, 질소함량은 1.1%였다. 다양한 유기물로부터 투입된 질소량은 90 kg ha<sup>-1</sup>으로 맞추어 시험을 수행하였다.

한편 관행구는 잡초방제를 위하여 이앙 후 15일에 pyrazosulfuron-ethyl + molinate 입제(30 kg ha<sup>-1</sup>)를 살포하였으며, 30일 후 다시 중후기 제초제인 azimsulfuron + cyhalofop-butyl + molinate 입제(30 kg ha<sup>-1</sup>)를 처리하였다.

생육중인 벼는 각 처리구별로 30주를 선정하여 이앙 후 30일부터 벼 유수형성기까지 10일 간격으로 초장, 경수, 엽색도를 조사하였다. 엽색도는 Minolta chlorophyll meter (SPAD-502, Japan)로 조사하였다.

또한 8월 중순경 출수기 조사를 하였고, 각 시험구별로 1 m<sup>2</sup>씩을 수확하여 건조한 후 수량 및 수량구성요소를 조사하였다. 생육 및 수량조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2003)에 준하여 벼의 초장 및 분얼수 그리고 주당수수, 1수영화수, 등숙률, 천립중을 조사하였다. 시험결과의 통계처리는 SAS(Statistical Analysis System, V. 9.1, USA) 프로그램을 이용하였다.

### 토양 화학성 변화

유기물 시용이 논토양에 미치는 영향을 구명하기 위하여 시험 전(3월 17일)과 벼 수확 후(10월 30일)에 토양시료를 채취하여 10일간 풍건한 후 2 mm 체로 걸러 분석용 시료로 이용하였다. 토양시료 채취 및 화학성 분석 토양 및 식물체의 특성은 국립농업과학원의 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 1988)에 준하여 분석하였다.

토양의 pH와 EC는 토양시료를 증류수와 1:5의 비율로 혼합하여 pH meter(Orion 3 start, Thermo, USA)로 측정하였다. 유기물과 유효인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 함량은 Spectrophotometer(HP 8453)를 이용하여 각각 610 nm와 720 nm에서 비색측정하였다. K, Ca, Mg 및 양이온치환용량(CEC)은 Atomic absorption spectrophotometer를 사용하여 측정하였다. 시험 전 토양이 화학적 특성은 표 1과 같다.

**Table 1.** Chemical properties of rice paddy soil before the experiment.

	pH (1:5)	OM* (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex. Cations (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )			Av. SiO <sub>2</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )
				K	Ca	Mg	
Optimal range	6.0~6.5	25~30	80~120	0.25~0.30	5.0~6.0	1.5~2.0	130~180
Soil	5.7	12	107	0.13	4.2	1.0	182

\*OM: Organic matter

**잡초발생량**

이앙 후 40일에 각 유기물 처리구별 벼의 생육에 문제가 되는 우점한 잡초를 대상으로 잡초발생량을 조사하였다. 잡초조사를 위해 7월 20일에 60×100 cm의 면적에서 3반복으로 모든 잡초 초종을 채취하여 초종별로 분류한 후 발생본수를 조사하였고, 78℃로 유지되는 열풍건조기에서 48시간 이상 건조하여 건물중을 조사하였다.

**결과 및 고찰**

**벼의 생육 및 수량**

다양한 유기물 처리에 따른 벼의 초장과 엽색도 변화는 그

림 1과 같다. 벼의 초장은 이앙 후 50일까지 관행구에서 가장 촉진되었으며, 그 이후에는 유박처리구에서도 비슷한 수준으로 생육하였다. 반면 쌀겨처리구는 관행구보다 현저히 낮은 수준이었다.

엽색도에서도 이앙 후 40일까지 관행구와 유박처리구에서 가장 높았으며, 이앙 50일부터 호밀+쌀겨처리구에서 관행구 수준으로 SPAD 값을 확보하였으나 유박처리구와 쌀겨처리구에서 현저히 낮아지는 것을 볼 수 있었다.

이앙 후 쌀겨를 살포하면 벼의 초기 활착이 지연되는데 (Lee Sungae, 2007) 이로 인해 벼의 초기생육 확보에 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한 벼의 생육과정에서 엽색도는 질소 흡수량과 밀접한 관련이 있는데(Masako & Tadakatsu

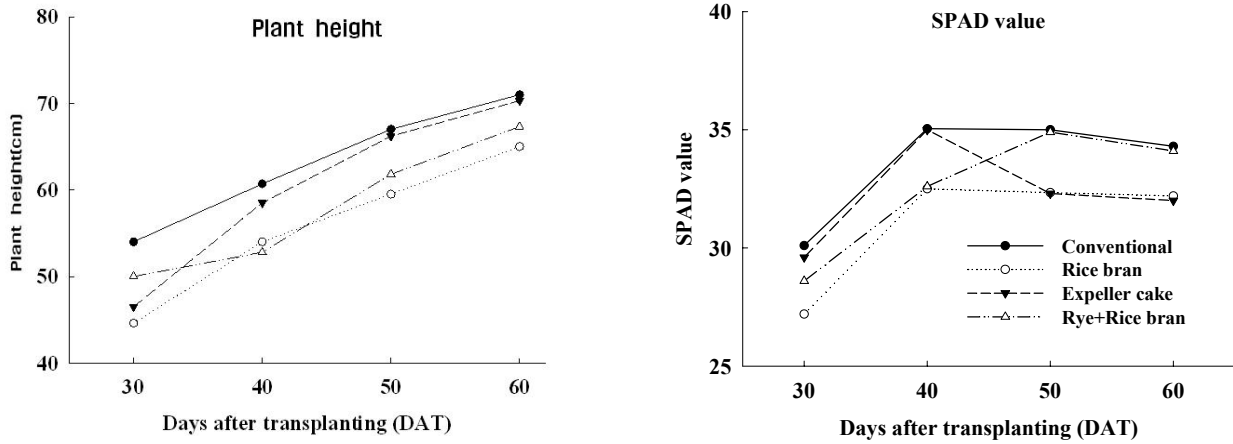


Fig. 1. Plant height and SPAD values of rice plants affected by different organic sources.

Table 2. The growth of rice plants grown with different organic sources after heading.

Treatments	Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)
Conventional	Aug. 15	72 a*	19 ab
Rice bran	Aug. 15	66 b	18 b
Expeller cake	Aug. 15	71 a	20 a
Rye+Rice bran	Aug. 16	69 ab	18 b

\*Means in a column with the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT

Table 3. Effect of different organic sources on yield components and yield of rice.

Treatments	No. of panicles (per m <sup>2</sup> )	Spikelet per panicle	Ripened grain (%)	1,000-grain weight (g)	Yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Yield index
Conventional	357 a*	73 ns	86.5 ns	22.3 ns	5110 a	100
Rice bran	311 b	68 ns	90.8 ns	21.6 ns	4140 c	82
Expeller cake	335 a	72 ns	87.5 ns	21.4 ns	4590 b	91
Rye+Rice bran	340 a	69 ns	89.6 ns	21.0 ns	4920 a	98

\*Means in a column with the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

1989), 시간이 경과할수록 유박처리구와 쌀겨처리구에서 SPAD 값이 감소하는 것은 식물이 흡수 이용하는 질소의 양보다 유기물이 분해되어 공급되는 질소의 양이 상대적으로 낮았기 때문으로 판단된다.

관행구를 비롯한 모든 처리구에서 벼의 출수기는 8월 15~16일로 비슷하였으며, 출수 후 각 처리구별 벼의 간장과 수장을 조사하여 표 2에 나타내었다. 벼의 간장과 수장은 관행구의 벼 생육과 비교하여 모든 유기물처리구에서 비슷하게 나타났다.

한편 유기물 처리구 내에서 벼의 간장은 유박처리구에서 가장 촉진되었으며, 쌀겨처리구에서 가장 억제되었다. 벼의 수장에서도 유박처리구에서 가장 촉진되었고, 쌀겨처리구와 호밀녹비+쌀겨처리구에서 억제되는 것으로 나타났는데 호밀녹비+쌀겨처리구의 경우 벼의 초기 생육이 관행구보다 억제되었지만 점진적으로 회복된 것으로 판단된다.

유기물 처리구로부터 공급된 양분이 벼의 생육에 미치는 영향으로 수확기에 수확한 벼의 수량구성요소 및 수량은 표 3과 같다. 단위면적당 수수는 유기물 처리구에서 유박처리구, 호밀녹비+쌀겨처리구 순이었으며, 관행구와 비교하여 비슷한 수준이었다. 수량구성요소로서 유기물 처리구의 영화수는 69~74개, 등숙율은 86.5~90.8%, 천립중은 21.0~21.6 g으로 관행구를 비롯한 다른 유기물 처리구에서도 모두 비슷한 수준으로 나타났다. 벼 수량은 관행구의 5,110 kg ha<sup>-1</sup>과 비교하여 쌀겨처리구는 4,140 kg ha<sup>-1</sup>, 유박처리구는 4,590 kg ha<sup>-1</sup>으로 낮았으나 호밀녹비+쌀겨처리구에서는 4,920 kg ha<sup>-1</sup>으

로 수치는 낮았지만 통계적으로 비슷한 수준이었다.

수량에 영향을 미치는 구성요소의 순서는 수수, 영화수, 등숙률, 천립중 순인데(Che *et al.*, 2008), 수량이 가장 낮은 쌀겨처리구와 비교하여 호밀녹비+쌀겨처리구는 단위면적당 수수를 확보하여 영화수는 낮았지만 전체적인 수량이 관행구와 비슷한 수준이었다.

쌀겨처리구는 다른 처리구보다 벼 수량이 현저히 낮았는데 이는 쌀겨 처리시 초기 활착의 지연에 따른 생육억제와 이로 인한 경수 또는 수수의 확보에 어려움이 있었던 것으로 판단된다(Lee Sungae 2007). 특히 쌀겨 사용시기가 지연되면 쌀겨가 분해되어 벼의 분얼에 필요한 양분공급이 지연되어 초기 생육이 불량해지므로(Kim *et al.*, 2001), 쌀겨 이용시 적절한 시용 시기 판단이 고려되어야 한다.

한편 유박의 효율적 이용방법으로 기비로 완효성 비료 시용 후 유박시용량이 많을수록 영화수가 늘어나 수량을 증가시켰으며(Kang *et al.*, 2002), 수비의 비율과 시용시기를 적절히 조절하여 수량을 향상시키는 연구가 진행되었다(KNAES 1990).

**유기물시용에 의한 토양이화학적 특성변화**

유기물 처리구 별 토양의 화학적 특성은 표 4와 같다. 관행구를 비롯한 모든 유기물 처리구에서 토양의 화학적 특성은 차이가 나타나지 않았다. 이는 시험 전 토양과 비교하여도 유효규산 함량이 호밀녹비+쌀겨처리구를 제외한 유기물 처리구에서 낮아진 것을 제외하고 뚜렷한 차이가 나타나지

**Table 4.** Chemical properties of rice paddy soil after harvesting.

Treatments	pH (1:5)	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex. Cations (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )			Av. SiO <sub>2</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )
				K	Ca	Mg	
Conventional	5.9	11	95	0.11	4.7	1.1	171
Rice bran	5.8	10	100	0.10	4.0	1.0	148
Expeller cake	5.7	14	111	0.12	4.7	1.1	151
Rye+Rice bran	5.4	14	105	0.17	4.7	1.2	179

**Table 5.** Effect of different organic sources on dry weight of weeds occurred in paddy soil at 40 DAT.

Treatments	Dry weight(g m <sup>-2</sup> )				
	<i>M. v</i>	<i>C. s</i>	<i>S. p</i>	<i>E. c</i>	Total
Conventional	0.0	0.0	1.4	0.3	1.7
Rice bran	2.7	0.3	2.3	1.8	7.1
Expeller cake	5.8	5.3	18.4	3.2	32.7
Rye+Rice bran	3.3	1.8	5.7	2.4	13.2

*M. v*: *Monochoria vaginalis*, *C. a*: *Cyperus serotinus*, *S. p*: *Sagittaria pygmaea*, *E. c*: *Echinochloa crus-gali*

않았다.

본 연구는 1년의 결과를 반영한 것으로 토양의 이화학성에 미치는 영향은 미비한 것으로 나타났다. 녹비작물로 이용하는 호밀의 경우에도 후작물에 양분공급효과는 떨어지지만 토양양분 용탈을 줄이고 물리성을 개선시키는 효과가 있다 (Kim *et al.*, 2011). 논에서 이들 유기물의 효과를 알아보기 위해서는 향후 다년간 동일처리에 의한 연구를 수행하여야 할 것으로 판단된다.

### 유기물사용에 의한 잡초발생변화

유기물사용에 따른 이앙 후 35일에 잡초를 조사하여 초종별로 분류하였고, 각 초종별 건물중을 조사하여 표 5와 같다. 유기물처리에 따른 벼 재배지의 잡초발생량은 이앙 후 제초제를 2회 처리한 관행구의  $1.7g\ m^{-2}$ 과 비교하여 현저히 높았다. 유기물처리구 내에서는 쌀겨처리구에서 잡초발생량이  $7.1g\ m^{-2}$ 으로 가장 낮았고, 유박처리구에서  $32.7g\ m^{-2}$ 으로 가장 높게 나타났다.

쌀겨처리구 보다 쌀겨의 사용량은 적었지만 호밀녹비+쌀겨처리구에서도 유박처리구보다 잡초의 생육 억제효과가 나타났다. 특히 유박처리구와 비교하여 쌀겨를 포함하는 처리구에서 너도방동사니, 올미의 억제효과가 현저히 높은 것으로 나타났다. 벼 재배에서 쌀겨를 사용하면 토양표면을 덮어 햇빛이 차단되고, 쌀겨 분해과정 중 미생물이 물속 및 표토의 산소를 이용하므로 급격히 환원상태로 되어 잡초종자는 용존산소의 부족으로 발아가 억제되어(Lee Sungae 2007) 잡초의 생육이 억제된 것으로 판단된다. 또한 쌀겨를 논토양에 사용하면 쌀겨의 양분이 비료대체원으로 이용될 수 있을 뿐만 아니라 표층 토양의 환원을 촉진시켜(Kludze & DeLaune 1995) 잡초의 발생 및 생육을 억제하여 제초제 대체원으로 이용가능하다(NIAST 2005).

한편 씨레질 후 피와 물달개비가 4~8일 사이에 발아하므로(Won *et al.*, 2008) 쌀겨와 같은 유기물을 효율적으로 이용하기 위해서는 살포시기를 고려한 잡초방제가 필요할 것이다.

본 연구에서는 다양한 유기물 사용을 통해 효과적이고 환경친화적인 유기벼 재배기술을 알아보고자 하였다. 종합적으로 판단된 결과, 호밀녹비+쌀겨처리구 및 유박처리구에서 벼의 수량 확보가 가능하였고, 쌀겨처리구에서는 잡초방제효과가 인정되나 벼의 수량 확보에는 어려운 것으로 나타나 사용시기 및 사용량 등의 개선이 필요할 것으로 판단된다. 이러한 결과는 향후 친환경 벼 재배시 효율적인 관리 측면에서 고려되어야 할 것으로 사료된다.

## 적 요

본 연구는 이앙재배시 유기물사용이 벼 생육, 수량과 잡초 발생에 미치는 영향을 구명하기 위해 조생종인 조생흑찰을 시험포장에서 수행하였다. 벼의 초장은 이앙 후 50일부터 관행구, 유박처리구에서 비슷한 수준이었으며, 쌀겨처리구에서 전 기간 동안 가장 억제되었다. 벼의 간장과 수장은 관행구와 비교하여 모든 유기물 처리구에서 비슷하게 나타났으며, 유기물 처리구 내에서는 유박처리구에서 가장 컷으며, 쌀겨처리구에서 가장 작았다. 벼 수량은 관행구와 비교하여 호밀 녹비+쌀겨처리구와 유박처리구에서 각각 관행의 98%, 91%로 수치는 낮았지만 통계적으로 비슷한 수준이었다. 이앙 후 40일경 잡초 발생량은 화학적 방제를 실시한 관행구에서 현저히 적었으며, 유기물처리구에서는 쌀겨처리구에서 다른 유기물처리구보다 현저히 적었다. 또한 쌀겨를 병행 사용한 처리구(호밀녹비+쌀겨)에서 잡초의 발생량이 적었으며, 유박처리구에서 현저히 많은 것으로 나타났다.

## 사 사

본 연구는 2010년 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

## 인용문헌

- Rural Development Administration. 2004. Technical Development of crops. pp. 1-25.
- Lee, S. G. 2007. Rice environmentally-friendly rice-bran + river snail culture. Syscom & Sungkwang Printec. p. 104.
- Ahn, S. H., S. B. Lee, I. B. Im, S. Kim, S. H. An, and J. D. Kim. 2008. Composition of phenolic compounds in soybean meal extracts and their allelopathic effects on paddy weeds. *Kor. J. Weed Sci.* 28 : 236-241.
- Che, J. C., S. J. Park, B. H. Kang, and S. H. Kim. 2008. Principles of crop cultivation. Hyangmunsa. Seoul. pp. 410-411.
- Choi, B., M. Ohe, J. Harada, and H. Daimon. 2008. Role of belowground parts of green manure legumes, *Crotalaria spectabilis* and *Sesbania rostrata*, in N uptake by the succeeding tendergreen mustard plant. *Plant Prod. Sci.* 11 : 116-123.
- Kang, S. W., C. H. Yoo, C. H. Yang, S. S. Han. 2002. Effects of rapeseed cake application at panicle initiation stage on rice yield and N-use efficiency in machine transplanting cultivation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35 : 272-279.
- Kim, J. G., S. B. Lee, D. B. Lee, and J. D. Kim. 2001. Effect of applied amount and time of rice bran on the rice growth

- condition. *Korean J. Environ. Agric.* 20 : 15-19.
- Kim, M. T., J. H. Ku, W. T. Weon, K. Y. Seong, C. Y. Park, J. H. Ryu, H. S. Cho, I. S. Oh, Y. H. Lee, J. K. Lee, M. Park, and U. K. Kang. 2011. Effect of barley green manure on rice growth and yield according to tillage date in spring. *Korean J. Crop Sci.* 56 : 119-123
- Kludze, H. K. and R. D. Delaune. 1995. Gaseous exchange and wetland plant response to soil redox intensity and capacity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:939-945.
- KNAES (Kyushu National Agricultural Experiment Station). 1990. Fertilization technology of rice for the improvement of rice quality. Summary of Kyushu National Agricultural Experiment Station. pp. 41-42.
- Masako, T. and Y. Tadakatsu. 1989. Measurement of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. *JARQ* 23 : 86-93.
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 1988. Method of analysis of soil and plant. NIAST, Suwon, Korea.
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2005. Guide book for organic rice cultivation. pp. 261-297.
- Petersen, J., R. Belz, F. Walker, and K. Hurle. 2001. Weed suppression by release of isothiocyanates from turnip-rape mulch. *Agron. J.* 93 : 37-43.
- RDA (Rural Development Administration). 2003. Standard methods for agricultural experimental experiments. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Sarrantonio, M. and T. W. Scott. 1988. Tillage effects on availability of N to corn following a winter green manure crop. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52 : 1661-1668.
- Won J. G., D. J. Ahn, S. J. Kim, C. D. Choi, and S. C. Lee. 2008. Effect of rice bran application times on weeds control, rice yield and grain quality. *Korean J. Crop Sci.* 53 : 382-387.
- Yang, C. H., C. H. Yoo, B. S. Kim, W. K. Park, J. D. Kim, and K. Y. Jung. 2008. Effect of application time and rate of mixed expeller cake on soil environment and rice quality. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41 : 103-111.