

종이멀칭 이앙재배 시 유기물원에 따른 토양산화환원전위, 잡초방제 및 벼 생육특성 변화

전원태* · 양원하 · 노석원¹ · 김민태 · 성기영 · 이종기

농촌진흥청 작물과학원, ¹대전광역시농업기술센터

Changes of Soil Redox Potential, Weed Control and Rice Growth in Paddy on Paper Mulching Transplanting by Organic Matter Application

Weon-Tai Jeon,* Won-Ha Yang, Sug-Won Roh¹, Min-Tae Kim, Ki-Yeong Seong, and Jong-Ki Lee

National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

Daejeon Metropolitan City Agricultural Technology Center, Daejeon, 305-503, Korea

Recently we are interest in organic farming of rice. The technology of paper mulching was practised without herbicide in machine transplanting cultivation of paddy. A field experiment was conducted in Gangseo series (coarse loamy, mixed, nonacid, mesic family of Aquic Fluventic Eutrochrepts) at the National Institute of Crop Science (NICS), RDA, Suwon, Gyeonggi province, Republic of Korea in 2004. This experiment was carried out to evaluate soil redox potential, weed control and rice growth by the different organic matter in paper mulching transplanting. Compost, rice straw and soiling rye were incorporated as organic matter. The nitrogen amount of controlled-release fertilizer (CRF) plot was 80% compared with nitrogen amount (110 kg ha⁻¹) of conventional fertilization. Mulching paper consisted of recycled paper which was coated with biodegradable plastics. There were no difference between conventional rice transplanting and paper mulching on missing hills after organic matter application. Weed control were the highest at added soiling rye plot. The redox potential of soil was the lowest in rice straw + CRF 80% plot at tillering stage. The NH₄⁺-N in soil was the highest at soiling rye + CRF 80% tillering stage. There was no difference in yield between soiling rye + CRF 80%, compost + CRF 80% and conventional fertilization plot.

Key words : Rice, Paper mulching, Controlled-release fertilizer, Weed control, Organic matter, Redox potential

서 언

최근 국민들이 건강에 대한 관심의 확대로 유기농업에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. 유기농업은 화학제품(농약, 화학비료 등)을 사용하지 않고 작물을 재배하여 농산물을 생산하는 것이다. 현재 벼농사는 여러 가지 형태의 친환경 농업이 성행하고 있다. 대표적인 농업이 오리농법, 왕우렁이농법, 쌀겨농법 등으로 주로 제초제 사용을 하지 않는 농법들이 주축이 되어 있다 (Jeon et al., 2006). 이는 친환경농업육성법 및 친환경농산물 등과 맞물려 있으며 이들 농법들은 나름대로 장·단점을 가지고 있는 실정이다. 벼 종이멀칭 기계이앙재배법은 벼 이앙 시에 종이피복 (mulching) 재료를 논에 피복하여 잡초발생을 억제하

는 무제초제 재배기술이다. 벼 재배에서 이용되는 국내외의 멀칭재료를 보면 농촌진흥청 작물과학원과 SK케미컬이 공동 개발한 생분해성 종이멀칭지 (Jeon et al., 2005; Lee et al., 2005)가 주로 이용된다. 외국의 경우에는 일본의 재생지 (Umezaki and Tsuno, 1998), 중국은 비닐 필름 (Liu et al., 2003; Fan et al., 2005)이 이용되고 있다.

벼 친환경 재배 시 무제초제 기술과 더불어 중요한 것은 유기물의 투입이 필요하다. 제초제를 줄이는 농법만으로는 유기농산물을 생산할 수 없다. 화학비료 대용인 유기물의 시용이 유기농업을 위해서는 필수적이다. 자운영을 이용한 유기물 멀칭 (Lee et al., 2005) 연구는 있었으나 벼 종이멀칭 시 유기물시용에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 즉 제초제를 사용하지 않는 기술과 화학비료를 동시에 줄이는 연구를 종합적으로 수행한 연구는 매우 적은 현실이다. 본 시험은 종이멀칭재배 시 유기물 시용으로 화학비료 절감의 기초 자

접 수 : 2007. 11. 15 수 리 : 2007. 12. 6

*연락처 : Phone: +82312906756,

E-mail: jeon0550@rda.go.kr

료를 얻고자 수행하였다. 유기물원은 농가에서 쉽게 이용할 수 있는 볏짚과 완숙퇴비 및 겨울철 푸른들가꾸기에 이용되는 청예호미를 투입하여 시험을 수행하였다. 따라서 본 시험은 벼 종이 멀칭이앙재배 시 유기물 시용 및 유기물과 완효성비료 혼합 조성 시용 시 벼 생육, 잡초 방제 및 토양특성의 변화 양상을 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 경기도 수원시 권선구 서둔동에 소재하고 있는 작물과학원 벼 시험포장의 사양질인 강서통에서 2004년에 수행하였다. 시험전 토양의 화학성은 Table 1과 같이 비옥도가 다소 낮은 토양이었다.

시험 품종은 작물과학원에서 육성한 중만생종인 대안벼를 플라스틱 산과육묘상자 (30×60×3 cm)에서 마른 종자 기준 130 g을 종자소독, 침종, 최아 후 파종하여 30일간 육묘한 중묘를 5월 28일에 종이멀칭기계이앙 하였다. 처리내용은 관행, 유기물원 단용구, 유기물원+완효성비료구를 두고 시험을 수행하였다. 관행 시비량은 N-P₂O₅-K₂O=110-45-57 kg ha⁻¹로 하였다. 질소는 기비 50%, 분얼비 20%, 수비 30%로 각각 분시하였다. 인산은 전량기비로 시용하였다. 칼리는 기비로 70%, 수비로 30%로 나누어 분시하였다. 유기물원으로는 퇴비, 볏짚 및 청예호미를 투입하였다. 청예호미는 이앙 20일전에 예취 후 경운하였다. 볏짚과 퇴비는 이앙 7일전에 시용하였다. 시용량 및 특성은 Table 2와 같다. C와 N의 분석은 원소분석기 (CNS-2000, USA)를 이용하여 분석하였다. 시용한 퇴비는 작물과학원 퇴비장에서 6개월 이상 부숙된 퇴비를 이용하였으며 주원료는 볏짚 등이었다.

유기물과 완효성비료 혼합 시 완효성비료의 시용량은 관행질소 시비량의 80%로 기준으로 하여 시용하

였다. 시험에 사용한 완효성비료의 비종은 LCU (Latex Coated Urea, N-P₂O₅-K₂O=21-7-9)복합비료를 시용하였다. 시비는 벼 이앙 7일전에 유기물과 함께 전층시비를 하였다. 사용한 피복재료는 작물과학원과 SK케미컬이 공동으로 개발한 것으로 생분해성 폴리에스터 (PES 10 μm) + 재생지를 이용하여 피복하였다. 멀칭종이의 규격은 길이 195 m, 폭이 1.9 m인 시제품을 사용하였다.

벼 종이멀칭이앙기는 농업공학연구소와 국제종합기계가 공동으로 연구 개발한 것을 사용하였다. 종이 멀칭 이앙기의 주요 제원은 기존 승용이앙기 (6조식) 구조에 멀칭종이 피복시스템을 부착하고, 종이 피복과 동시에 모가 식부 (이앙)장치, 종이멀칭 작업 후 종이를 자르는 절단장치 등 종이멀칭 이앙작업에 필요한 모든 과정을 수행할 수 있는 일괄시스템으로 구성되어 있다. 멀칭 승용 이앙기 (6조식)는 국제종합농기계에서 생산한 것으로 모델 형식이 RP660GU-PV이다.

잡초방제는 벼 이앙 후 45일과 70일에 Quadrat (0.5×0.5 m)를 이용하여 구당 3반복을 조사하였으며 잡초방제가는 달관조사로 하였다. 잡초 방제효과는 무방제구를 기준으로 하여 0-9로 단계별 점수를 주어 상대평가를 방제가로 표시하였다. 관행구의 제초제는 pyrazosulfuron-ethyl을 이앙 후 7일에 ha 당 30 kg 기준으로 살포하였다.

토양 중의 Eh는 포장에서 직접 근권부위 토심 5 cm에서 백금전극 (Pt/Ag/AgCl 전극, Orion 678BN)을 토양에 삽입 후 2시간 후에 측정하였다. 모든 측정치에 +199 mV을 보정하였다. 토양 중의 NH₄-N은 습도 10g에 2M-KCl 용액을 50ml가하여 30분간 진탕 후 여액을 Kjeldahl법으로 증류하여 적정하였으며 (RDA, 1988), 엽색도는 SPAD (Minolta 502, Japan)를 이용하여 측정하였다. 그 외 조사 및 분석은 농촌

Table 1. Chemical properties of soil before experiment.

Soil depth	pH	OM	Av. P ₂ O ₅	Ex. Cations		
				K	Ca	Mg
cm	1.5	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol ⁺ kg ⁻¹ -----		
0-15	5.5	21.1	98	0.19	4.05	1.05

Table 2. Properties and amount of applied organic matter.

Organic matter sources	Application amount	C	N	Water content	C/N
		----- g kg ⁻¹ -----		g kg ⁻¹	
Compost	10,000	241	138	342	17.5
Rice straw	10,000	45.6	1.03	21.7	44.2
Soiling rye	11,380	35.8	0.84	74.5	42.3

진흥청 농사시험연구 기준에 따라 조사하였다 (RDA, 2003).

결과 및 고찰

유기물이 사용되면 포장의 균평작업이 다소 힘들다. 특히 벼 종이멀칭 이앙은 포장의 균평정도가 균일해야 한다 (Jeon et al., 2006). 유기물 사용 후 벼 종이멀칭 이앙 시 결주율은 Table 3과 같다. 퇴비와 볏짚 시용구에서는 관행과 차이가 없거나 적은 경향이였다. 청예호밀이 투입된 구는 관행보다 약간 높은 경향이였으나 우려할 정도의 수준은 아니였다. 본 시험의 청예호밀의 투입량이 적었기 때문에 이러한 결과가 나왔으나 청예호밀이나 유기물의 많은 양이 투입 후 벼 종이멀칭 이앙 시 썩레질 등 평탄 작업에 더 주의해야 될 것으로 생각된다.

Table 3. The missing hill by organic matter application in paper mulching transplanting of rice.

Treatment	Missing hill no./100 hills
Control	2.2
Compost + CRF [†] 80%	2.3
Rice straw + CRF 80%	1.3
Soiling rye + CRF 80%	3.3

[†] CRF : Controlled-release fertilizer.

벼 재배 시 눈에 담수가 되면 환원상태가 되어 토양의 산화환원전위는 감소한다. 특히 벼 종이멀칭 이앙재배는 이앙과 동시에 종이가 멀칭이 되기 때문에 더 환원상태가 되기 쉽다. 그리고 벼 종이멀칭 이앙 재배 시 유기물이 사용된 경우는 더 환원상태가 된다. 따라서 벼 종이멀칭 이앙 재배 시 유기물 투입후의 산화환원전위는 토양환원 정도를 파악하는데 중요하다. 왜냐하면 많은 유기물이 사용되고 멀칭이 될 경우에 환원장해의 우려가 있기 때문이다. Fig. 1은 유기물 투입 후 종이멀칭 이앙재배 시 산화환원전위를 나타낸 것이다. 벼 분얼기인 이앙후 17일경에는 볏짚+완효성 80%〈청예호밀+완효성 80%〈청예호밀 단용〈퇴비+완효성 80%구 순으로 낮았다. 즉 단용구에서는 청예호밀구가 가장 낮았고, 유기물과 완효성비료 혼합구에서는 볏짚과 완효성비료구가 가장 낮았다. 이는 청예호밀과 볏짚이 탄소 함량이 높기 때문인 것으로 생각된다. 즉 C/N율이 높음으로 인하여 기인되는 것으로 생각된다. 특히 비료성분이 첨가되면서 더 분해가 촉진 된 것으로 추정된다. 유수형성기경인 이앙 후 56일에는 전체적으로 Eh가 증가하는 경향이였으

나 볏짚 및 퇴비 단용구에서는 감소하였다. 이는 질소 성분이 없음으로 해서 서서히 분해되기 때문인 것으로 생각된다. 청예호밀 단용구는 시용량이 적어 유수형성기 이전에 이미 많이 분해가 된 것으로 생각된다.

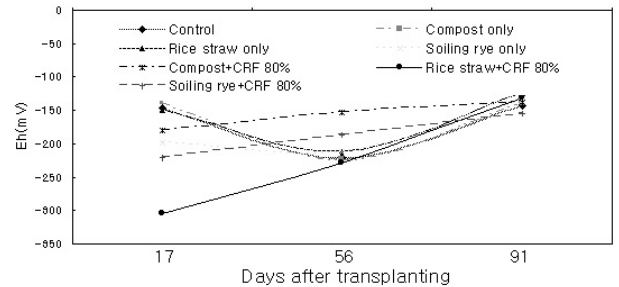


Fig. 1. The changes in soil Eh during rice growing period according to organic matter application in paper mulching transplanting paddy.

벼 종이멀칭 이앙의 중요한 목적이 잡초 방제이다. Table 4는 이앙 45일과 70일 때의 주요 잡초 발생 양상이다. 전체적으로 45일이 70일보다 잡초 발생이 약간 적은 경향이이며 단용구가 유기물+완효성구보다 많은 경향이였다. 이는 단용구의 벼 초기 생육이 유기물+완효성구보다 벼생육이 떨어짐에 따라서 근락내로 광이 많이 투과 되어 잡초발생이 많이 된 것으로 생각된다. 퇴비단용구는 이앙 후 45일에는 여뀌바늘>물달개비>사마귀풀 순이였고, 이앙 후 75일에는 여뀌바늘>알방동사니>물달개비>올방개 순이였다. 볏짚 단용구는 이앙 후 45일에는 가래>물달개비>올방개, 이앙 후 70일에는 가래>올방개>물달개비 순이였으나 올방개와 물달개비의 발생량의 차이는 미미하였다. 호밀 단용구는 이앙 후 45일에는 올방개>물달개비>가래>올챙이고랭이, 이앙 후 70일에는 가래>올방개>물달개비>올챙이고랭이 순으로 조사되었다. 이와 같이 유기물 처리간 잡초종의 차이가 다양한 것은 포장의 잡초발생 이력이 중요한 요인으로 작용한 것으로 생각된다. 볏짚+완효성 80%구는 이앙 후 45일에는 올방개>알방동사니>물달개비 순이였고 이앙 후 70일에는 45일과 같은 경향이나 여뀌바늘만 추가가 되었다. 퇴비+완효성 80%구는 이앙 후 45일에는 물달개비>여뀌바늘>알방동사니>올방개 순으로 조사되었고 이앙 후 70일에는 여뀌바늘>피>물달개비>알방동사니 순이였다. 호밀+완효성 80%구는 이앙 후 45일에는 올방개>물달개비만 발생하였고, 70일에는 올방개>피>물달개비 순으로 조사되었다. 호밀+완효성 80%구가 잡초발생이 적은 경향이였다. 이는 같이 호밀 투입구에서 잡초방제가 높은 것은 Seong 등이(2003) 같은 화분과인 보리 후작으로 6월 중순경에 벼 이앙재배 시 피 등의 잡초발생이 감소한다고 하였으며 호밀이 토마토 재배 시

Table 4. The changes of weed occurrence by organic matter application in paper mulching transplanting of rice.

Treatment	Dominant weed	
	45 DAT [†]	70 DAT
Control	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vabinalis</i>	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vabinalis</i> , <i>A. keisak</i>
Compost	<i>L.. prostrata</i> , <i>M. vabinalis</i> , <i>A. keisak</i>	<i>L.. prostrata</i> , <i>C. difformis</i> , <i>M. vabinalis</i> , <i>E. kuroguwai</i>
Rice straw	<i>P. distinctus</i> , <i>M. vabinalis</i> , <i>E. kuroguwai</i>	<i>P. distinctus</i> , <i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vabinalis</i>
Soiling rye	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vabinalis</i> , <i>P. distinctus</i> , <i>S. juncooides</i>	<i>P. distinctus</i> , <i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vabinalis</i> , <i>S. juncooides</i>
Compost + CRF 80%	<i>E. kuroguwai</i> , <i>C. difformis</i> , <i>M. vabinalis</i>	<i>E. kuroguwai</i> , <i>C. difformis</i> , <i>M. vabinalis</i> , <i>L.. prostrata</i>
Rice straw + CRF 80%	<i>M. vabinalis</i> , <i>L.. prostrata</i> , <i>C. difformis</i> , <i>E. kuroguwai</i>	<i>L.. prostrata</i> , <i>M. vabinalis</i> , <i>M. vabinalis</i> , <i>C. difformis</i>
Soiling rye + CRF 80%	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vabinalis</i>	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vabinalis</i> , <i>M. vabinalis</i>

[†] DAT : Days After Transplanting.

알레로파시 효과 있다는 보고(Yu et al., 1995)가 있어서 벼 재배 시 호밀을 투입하면 호밀이 분해되면서 유기산 등의 알레로파시 물질이 잡초발생을 경감시키는 것으로 추정되었다.

잡초 방제가는 잡초발생에서와 같이 단용구중에선 호밀이 약간 높은 경향이었고 유기물과 완효성 혼합구에서도 호밀이 투입된 구에서 잡초방제가 높은 경향이었다 (Table 5). 이는 호밀 투입과 멀칭을 동시에 하면 잡초방제가를 높일 수 있음을 시사하였다. 그러나 호밀 투입 시 비료성분이 부족(Fig. 2)하기 때문에 헤어리베치 등과 같은 두과 녹비작물과 혼파 재배 시 잡초 발생량도 줄이고 화학비료 절감의 효과도 있을 것으로 생각된다. 두과 녹비작물과 호밀과의 혼파 시에 대해서는 추후 정밀한 시험이 요구된다.

Table 5. The weed control by organic matter application in paper mulching transplanting of rice.

Treatment	45 DAT	70 DAT
	----- % -----	
Control	95.0	90.0
Compost	89.1	82.5
Rice straw	85.7	79.1
Soiling rye	93.3	85.0
Compost + CRF 80%	90.0	83.3
Rice straw + CRF 80%	86.7	80.0
Soiling rye + CRF 80%	95.0	85.0

담수상태에 재배되는 벼가 흡수하는 무기태 질소의 형태는 NH₄-N이다. 주요시기별 NH₄-N 나타낸 것이 Fig. 2이다. 분얼기경인 이앙후 14일에는 관행보다 높은 구는 청예호밀+완효성 80%구였다. 이는 청예호밀의 투입 당시 C/N율은 높았으나 이앙 20일전에 투입

하여 어느 정도 무기화가 진행되어서 NH₄-N이 높은 것으로 생각되었다. 퇴비+완효성 80%구는 약간 높았고 벼짚+완효성 80%구는 약간 낮은 경향을 보였다. 유기물 단용구는 모두 관행시비구보다 낮았다. 이는 유기물 단용 시 초기의 질소 부동화에 유의해야 한다. 즉 유기물이 시용됨에 따라서 이를 분해하기 위해서 미생물들이 C/N율이 높은 경우에 토양의 질소를 이용하는 질소부동화 현상으로 유기물 단용구에서 NH₄-N의 함량이 낮은 것으로 생각된다. 유기물과 완효성비료의 혼합구에서는 외부로부터 화학비료에 의해서 충분한 질소공급이 이루어져서 Eh도 단용구에 비하여 낮지도 않고(Fig. 1) NH₄-N의 함량도 관행보다 높거나 비슷한 양상을 보였다. 다만 벼짚+완효성 80%구가 관행보다 다소 낮은 것은 벼짚의 분해에 사용한 질소가 사용된 것으로 생각된다. 그러나 유수형성기경인 이앙후 56일에는 퇴비단용구와 퇴비+완효성 80%구가 관행보다 높았다. 이는 유기물들이 서서히 분해됨으로 기인된 것으로 생각된다. 벼짚은 그 시용량이 적고 질소함량이 적어서 유수형성기 이전에 무기화가 된 것으로 추정된다. 출수기경인 이앙후 91일 이후에는 처리들 간에 큰 차이가 없었다.

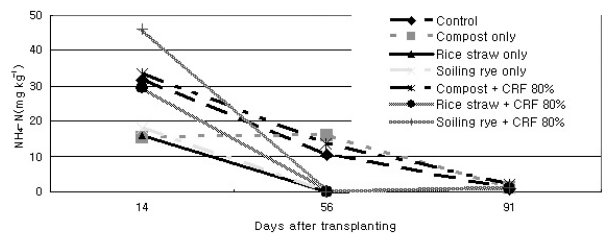


Fig. 2. The NH₄-N in soil during rice growing by organic matter application in paper mulching transplanting.

토양의 무기태 질소인 NH₄-N의 흡수 반응을 나타낸 것이 벼 식물체의 엽색이다. 주요시기별 엽색을 나타낸 것이 Fig. 3이다. 토양의 NH₄-N에 반응하여 분얼기경인 이앙후 14일에는 벧짚단용구가 가장 낮았고 호밀+완효성 80%구와 퇴비+완효성 80%가 관행과 유사하였다. 벧짚+완효성 80%구는 약간 낮았다. 유수형성기경인 이앙후 56일에는 처리간 큰 차이가 없었으나 호밀+완효성 80%구가 가장 높고 벧짚 단용구가 가장 낮았다. 출수기경인 이앙후 91일에는 처리간 큰 차이가 없었으나 퇴비단용구가 가장 낮았다.

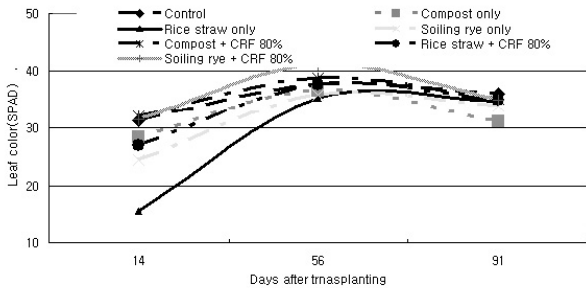


Fig. 3. The leaf color of rice plant by organic matter application in paper mulching transplanting of rice.

벼 종이멀칭 이앙 재배 시 유기물 시용에 따른 벼 수량 및 수량구성 요소는 Table 6과 같다. 관행과 수량이 통계적으로 차이가 없는 처리는 퇴비+완효성 80%구와 청예호밀+완효성 80%구이다. 유기물원이 투입이 되면 수량이 증가할 것으로 생각되었으나 수량의 차이가 없었다. 이들 시험구가 m² 당 이삭수의 확보는 많았으나 이삭당립수와 등숙비율은 오히려 관행보다 적었다. 관행의 이삭당립수와 등숙비율이 높은 것은 추비로 인한 결과로 생각되었다 (Oh et al., 1979). 또한 퇴비와 청예호밀의 양이 수량에 영향을 미칠 만큼 충분한 양에 미치지 못하였다. 또한 한해의 유기물 시용으로 효과를 기대하기 힘들기 때문으로 생각되었다. 그러나 벧짚+완효성 80%구는 통계적으로 유의하게 수량이 감소하였다. 이는 이앙직전의 미

숙한 퇴비 시용은 초기 Eh의 감소(Fig. 1), 시용질소의 유기물 분해 사용 등으로 분얼수 감소와 다른 유기물+완효성비료구와 같이 수당립수와 등숙비율의 감소에 의해서 수량이 감소된 것으로 생각된다. 이러한 이유로 유기물 단용구중에서는 벧짚단용구가 가장 수량이 낮았다.

이상으로 유기물 투입 후 벼 종이멀칭 이앙 시 토양의 산화환원전위와 NH₄⁺-N를 고려해 볼 때 C/N율이 높은 유기물 과다시용 시 산화환원전위의 저하와 초기 NH₄⁺-N의 손실이 일어난다. 잡초 발생과 잡초 방제가 측면에서 살펴보면 적당량의 호밀의 투입이 이상적일 것으로 생각된다. 그러나 호밀의 과도한 투입은 질소부동화 등의 원인이 되기도 하므로 호밀단용보다는 C/N율이 낮은 두과녹비작물과 혼합투입 될 때 화학비료를 사용하지 않으면서 수량 등의 감소도 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

본 시험은 벼 종이멀칭이앙 시 유기물원 및 유기물원과 완효성비료 조합 시 벼 생육, 잡초방제, 토양에 미치는 영향을 구명하고자 경기도 수원에 소재하는 작물과학원 벼시험포장 강서동에서 대안벼를 2004년 5월 28일에 중묘를 종이멀칭기계 이앙하였다. 시용한 유기물원은 퇴비, 벧짚 및 청예호밀을 투입하였다. 시용한 퇴비의 생중은 10,000 kg ha⁻¹이고 C/N율은 17.5, 벧짚의 생중은 10,000 kg ha⁻¹이고 C/N율은 44.2, 청예호밀은 생중 11,380 kg ha⁻¹이고 C/N율은 42.6이었다. 완효성 비료와 유기물원과 혼합 시 완효성비료의 시용량은 관행질소 시비량의 80%를 기준으로 하여 시용하였다. 완효성비료의 비중은 LCU (Latex Coated Urea, 21-7-9)복비를 시용하였다. 피복재료는 생분해성 폴리에스터 (PES 10μm)+재생지를 이용하여 피복하였다. 유기물 시용 후 벼 종이멀칭이앙 시 모의 결주율은 관행이앙과 큰 차이가 없었다. 잡초발생 및 방제가는 호밀이 투입된 구에서 잡초발생이 적

Table 6. The yield and yield components according to organic matter application in paper mulching transplanting of rice.

Treatment	Panicle no.	Spikelet no.	Ripened grain	1,000-grain wt.	Milled rice
	m ⁻²	panicle ⁻¹	%	brown rice; g	kg ha ⁻¹
Control	385	83.4	93.8	22.9	5,560a
Compost	285	73.8	94.0	22.6	3,750c
Rice straw	265	68.7	94.8	21.4	2,830e
Soiling rye	308	69.7	92.6	21.8	3,290d
Compost+CRF 80%	403	76.3	91.8	22.8	5,560a
Rice straw+CRF 80%	385	73.4	91.8	22.5	4,970b
Soiling rye+CRF 80%	388	79.1	91.7	22.5	5,550a

있고 방제가도 높은 경향이였다. 주요시기별 토양의 산화환원전위는 벧짚+완효성 비료 80%구가 분얼기에 가장 낮았다. 벧짚과 퇴비 단용구는 유수형성기까지 산화환원전위가 감소하는 경향이였다. 주요시기별 토양 중 NH_4^+ -N는 분얼기에는 청예호밀+완효성 80%구가 가장 높았고 퇴비시용구에서 유수형성기까지 용출이 되는 경향이였다. 벧 수량은 청예호밀+완효성 80%구와 퇴비+완효성 80%구가 관행과 통계적으로 차이가 없었다. 벧짚+완효성 80%구는 수량이 통계적으로 유의하게 감소하였다.

인 용 문 헌

- Fan M., R. Jiang, X. Liu, F. Zhang, S. Lu, X. Zeng, and P. Christie. 2005. Interactions between non-flooded mulching cultivation and varying nitrogen inputs in rice-wheat rotations. *Field Crops Research* 91:307-318.
- Jeon W.T., W.H. Yang, H.S. Han, Y.H. Yoon, B.S. Lee, C.I. Yang, D.H. Choi and J.W. Park. 2005. Effects of environmentally friendly paper mulching on weed control and growth characteristics of rice. *International symposium for environment-friendly agricultural technology and crop science*:132-133.
- Jeon W.T., W.H. Yang, S.W. Roh, and M.T. Kim. 2006. Influence of controlled-release fertilizer levels on rice growth, weed control and nitrogen efficiency in paddy mulching transplanting. *Korean J. Soil Sci. Fert. Vol.(39) No. 9*,345-350.
- Lee B.J., Y.S. Cho, J.W. Ahn, J.H. Park, J.H. Kang, and J.R. Choi. 2005. Milled rice quality and physicochemical of Korea native rice cultivars growth in different crop residue and tillage management. *Korean J. Crop Sci.(S)*:77-84.
- Lee I.Y., N.I. Park, S.H. Ji, O.S. Kwon, J.E. Park and K.I Jung. 2005. Effect of recycled paper mulching on weeding efficacy and rice growth in the transplanted rice field. *Kor. J. Weed Sci.* 25(2):98-102.
- Liu X.J., J.C. Wang, S.H. Lu, F.S. Zhang, X.Z. Zeng, Y.W. Ai, S.B. Peng, and P. Christie. 2003. Effect of non-flooded mulching cultivation on crop yield, nutrient uptake and nutrient balance in rice-wheat cropping systems. *Field Crops Research* 83:297-311.
- Oh W.K., K.M. Rhee and W.J. Kim. 1979. Effect of N-K compound fertilizer top dressing of paddy. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 12(3):133-139.
- RDA. 1988. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2003. Standard methods for agricultural experiments. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Seong K.Y., Y.C. Ku, S.B. Lee, D.Y. Song, J.H. Park, and S.W. Roh. 2003. Control of paddy weeds in rice-barley cropping system. *Treatises of Crop Researches (4)*: 266-273.
- Umezaki, T. and K. Tsuno. 1998. Effects of used-paper mulching on growth of early-season culture rice. *Jpn. J. Crop Sci.* 67(2):142-148.
- Yu C.Y., B.H. Chang, E.H. Kim, SD Ahn, and D.H. Cho. 1995. Effect of allelopathic rye density and cover management methods on the rye biomass, weed control, and tomato yield. *Inst. of Agri. Sci. Kangwon Nat'l Univ. J Agri. Sci. Vol(5)*: 123-130.