

벼 종이멀칭이앙 시 완효성비료 수준이 벼 생육, 잡초방제 및 질소효율에 미치는 영향

전원태^{*} · 양원하 · 노석원¹ · 김민태

농촌진흥청 작물과학원, ¹대전광역시농업기술센터

Influence of Controlled-release Fertilizer Levels on Rice Growth, Weed Control and Nitrogen Efficiency in Paper Mulching Transplanting

Weon-Tai Jeon^{*}, Won-Ha Yang, Sug-Won Roh¹ and Min-Tae Kim

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

¹Daejeon Metropolitan City Agricultural Technology Center, Daejeon, 305-503, Korea

Recently we have interest on rice products developed by environment- friendly management. The technology of paper mulching was practised without herbicide in machine transplanting cultivation of paddy. A field experiment was conducted on 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 rice growth, weed control and nitrogen efficiency by the different controlled-release fertilizer levels in paper mulching transplanting. Treatments consisted of conventional fertilization, controlled-release fertilizer (100%, 80%, 60%) compared with nitrogen amount (110 kg ha⁻¹) of conventional fertilization and no nitrogen plot. Mulching paper consisted of recycled paper which was coated with biodegradable plastics. There were no differences between conventional rice transplanting and paper mulching on missing hills. Weed occurrence and control were diverse and low as fertilizer amount increased. Plant height and tiller number per hill increased as fertilizer amount decreased. There were no difference between controlled-release fertilizer 80% and conventional fertilization plot on rice growth traits. Leaf color and NH₄⁺-N in soil had similar trends. There was no difference in yield between controlled-release fertilizer 80% and conventional fertilization plot. Agronomic nitrogen-use efficiency was high as fertilizer amount decreased. Therefore, these results suggested controlled-release fertilizer 80% should be optimum amount under paper mulching transplanting of rice considering weed control, rice growth and nitrogen efficiency.

Key words : Rice, Paper mulching, Controlled-release fertilizer, Weed control, Nitrogen efficiency

서 언

최근 사회 전반적으로 참살이 (well-being)에 대한 소비자의 관심과 더불어 친환경농업과 친환경농산물에 대한 국민들의 관심이 증가하고 있다. 친환경 농업 육성법에 의하면 친환경농업이란 농약의 안전 사용 준수, 작물별 시비기준량 준수, 적절한 가축사료첨가제 사용 등 화학제 사용을 적정 수준으로 유지하고 가축분뇨의 적절한 처리 및 재활용 등을 통하여 환경을 보전하고 안전한 농축림산물을 생산하는 농업을

말한다. 다시 말해서 친환경 농업이란 환경에 부하되지 않을 정도의 적절한 시비와 병해충 관리를 의미한다. 그러나 농산물 품질인증제에 의하면 저농약, 무농약, 전환기유기농산물, 유기농산물의 4단계의 농산물이 있다. 여기서 저농약의 규정에 의하면 화학합성농약을 일반제배의 1/2 이하 사용하여 제배 하여야 하며 제조제는 전혀 사용하지 못하도록 규정하고 있다. 친환경이란 용어와 농산물 품질인증제와 다소 상충적인 의미를 가지나 농산물 생산 시 다른 어떤 합성농약보다는 제조제의 사용량을 줄여야할 필요가 있다. 그래서 현재 농촌 현장에서는 여러 가지의 무제조제 농법이 성행하고 있는 실정이다. 그 대표적 농법들이 오리농법, 왕우렁이농법, 쌀겨농법 등이다. 이들 모든

접 수 : 2006. 11. 3 수 리 : 2006. 11. 28

*연락처 : Phone: +82312906756,

E-mail: jeon0550@rda.go.kr

농법들의 근간은 잡초방제에 두고 있으며 나름대로의 장점과 단점을 가지고 있다. 벼 종이멀칭 기계이앙재배법은 종이피복(mulching) 재료를 이앙과 동시에 논에 피복하여 잡초발생을 억제하는 재배기술이다. 벼 종이멀칭 재배가 개발하게 된 배경은 잡초방제를 위하여 제초제를 사용하지 않는 대체 자재로서 피복재가 필요하였기 때문이다. 또한 친환경 벼 재배기술의 일환으로서 화학약제에 의존하지 않는 안전 농산물을 선호하는 소비자의 요구에 의한 것이다. 벼 재배에서 이용되는 국내외의 멀칭재료를 보면 한국은 생분해성 종이멀칭지(Jeon et al., 2005; Lee et al., 2005), 일본은 재생지(Tsuno, 1993; Umezaki and Tsuno, 1998), 중국은 비닐 필름(Shen et al., 1997a; Shen et al., 1997b)이 이용되고 있다. 국내에서의 벼 종이멀칭이앙재배와 관련한 연구결과를 보면 멀칭종이는 작물과학원과 SK케미컬이 공동으로, 종이멀칭이앙기계는 농업공학연구소와 국제종합기계가 공동으로 '01~'03년에 각각 개발하였다. 그러나 이 종이멀칭 이앙재배법은 제초제를 사용하지 않는 친환경적인 농법이지만 이앙과 동시에 멀칭이 되기 때문에 분얼비 등 추비를 시용할 수 없는 문제점을 가지고 있다. 벼 종이 멀칭이앙 재배 시 추비 시용을 하지 않아도 되는 완효성비료의 사용이 요구된다. 따라서 본 시험은 벼 종이 멀칭이앙재배 시 벼 생육, 잡초 방제 및 시비효율 등을 고려한 적정 완효성 시비량을 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 경기도 수원시 권선구 서둔동에 소재하고 있는 작물과학원 벼 연구 시험포장의 사양질인 강서토에서 2004년에 수행하였다. 시험에 사용된 품종은 작물과학원에서 육성한 중만생종인 대안벼를 플라스틱 산파육묘상자 (30×60×2 cm)에서 마른 종자 기준 130 g을 종자소독, 침종, 최아 후 파종하여 30일간 육묘한 증묘를 5월 28일에 멀칭기계이앙 하였다. 처리내용은 관행 질소 시비량 (110 kg ha⁻¹, 요소 46%)을 기준으로 해서 완효성비료 60%, 80%, 100%구와 무질소구로 구성된 종이멀칭구 및 무멀칭구인 관행시비구를 두고 시험을 수행하였다. 관행시비구의 인산과 칼리의 시비량은 표준시비량인 P₂O₅-K₂O=45-57 kg ha⁻¹를 사용하였다. 시비방법은 벼 이앙전에 전층시비를 하였다. 시험에 사용한 완효성비료의 비중은 LCU (Latex Coated Urea, N-P₂O₅-K₂O=21-7-9)복합비료를 사용하였다. 사용한 피복재료는 작물과학원과 SK 케미컬이 공동으로 개발한 것으로 생분해성 폴리에스터 (PES 10 μm) + 재생지를 이용하여 피복하였다. 멀칭종이의 규격은 길이 195 m, 폭이 1.9 m인 시제품

을 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 (Table 1). 멀칭 승용 이앙기 (6조식)는 국제종합농기계에서 생산한 것으로 모델 형식이 RP660GU-PV이다.

Table 1. Mulching transplanter specification for rice seeding raised in tray.

Type	Mulching device size (length width height cm)	Cutting device
Six-row riding transplanter	102×220×51	Saw type

잡초발생은 벼 이앙 후 30일과 70일에 Quadrate (0.5×0.5 m)를 이용하여 구당 3반복을 조사하였으며 잡초방제가는 달관조사로 하였다. 잡초 방제효과를 무방제구를 기준으로 하여 0-9로 단계별 점수를 주어 상대평가를 방제가로 표시하였다.

토양 중의 NH₄⁺-N은 습토 10g에 2M-KCl 용액을 50ml 가하여 30분간 진탕 후 여액을 Kjeldahl법으로 증류하여 적정하였으며 (RDA, 1988), 엽색도는 SPAD (Minolta 502, Japan)를 이용하여 측정하였다. 농업적 질소이용효율 (Agronomic N-Use Efficiency, ANUE)은 처리구의 정조수량에서 무질소구의 정조수량을 뺀 값을 질소시비량으로 나누어 산출하였다 (Singh et al., 1998). 그 외 조사 및 분석은 농촌진흥청 농사시험연구 기준에 따라 조사하였다 (RDA, 2003).

결과 및 고찰

벼 종이멀칭 이앙은 멀칭과 동시에 이앙이 되기 때문에 관행 이앙보다 더 시간과 정밀작업이 요구된다. 또한 포장도 이앙 1~3일전에 배수를 해야 이앙작업과 동시에 종이가 토양에 잘 부착된다. 논물이 완전히 배수된 상태에서 관행 이앙보다 약간 천천히 이앙하는 광경과 멀칭재료이다 (Figure 1). 종이멀칭 이앙은 관행 이앙과 다른 기계와 포장상태에서 이앙하기 때문에 이앙 당시의 결주율을 조사한 것이 Table 2이다. 완효성비료 60%구가 약간 높은 것을 제외하고는 관행과 멀칭이앙 간의 차이는 없는 경향이였다. 결주율은 주로 이앙 당시의 균평 정도 등 포장상태에 따라

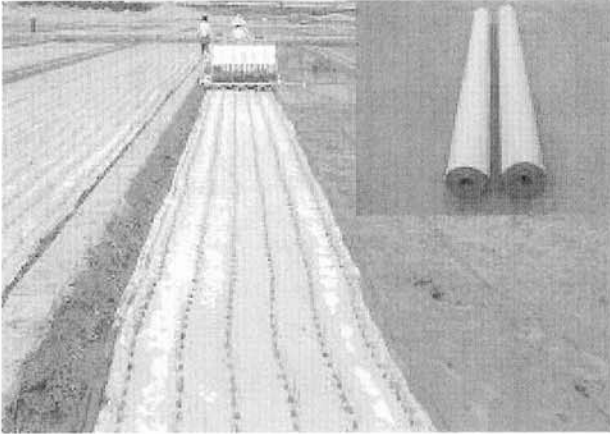


Fig. 1. Scenery of paper mulching transplanting in paddy and paper mulching material(upper right).

서 달라질 수 있다. 경운과 씨레질 및 평탄작업 후 멀칭이앙을 위해서는 이앙 전에 배수를 해야 한다. 멀칭이앙은 논바닥에 종이를 피복하는 것이기 때문에 이앙 전 논 굳히기를 알맞게 하여야만 이앙할 때 결주율을 줄일 수 있다. 본 연구는 벼 멀칭이앙 2일전에 배수를 하여 이앙을 하였기 때문에 결주율이 비교적 결주율이 적은 편이다.

종이멀칭의 주요 목적은 생분해성 종이를 이용하여 잡초방제를 하는 것이다. Table 3은 이앙 후 45일과 70일의 주요 잡초의 발생 양상이다. 완효성비료 100%구는 이앙 후 45일 경에는 물달개비>올방개>여뀌바늘 순이었으나 이앙 후 70일에는 여뀌바늘>올방개>물달개비>피 순으로 우점하였다. 완효성비료 80%구는 이앙 후 45일에는 완효성비료 100%구와 유사하였으나 이앙 후 70일에는 올방개>물달개비>여뀌바늘 순으로 우점하였다. 완효성비료 60%구는 이앙 후 45일에는 올방개>물달개비>여뀌바늘, 이앙 후 70일에는 올방개>물달개비>여뀌바늘>알방동사니 순으로 우점하여 이앙 후 45일과 우점순위는 변동 없으나 질소 시비량이 적어짐에 따라서 잡초발생이 약간 다양해지는 경향이였다. 무질소구도 완효성비료 60%구와 유사한 경향으로 잡초발생 양상이 이앙 후 45일부터 다양해지는 경향이였다. 시비량이 적을수록 잡초발생

Table 2. The missing hill by paper mulching transplanting of rice.

Treatment		Missing hill(%)
Non-mulching	CF [†]	2.2
Mulching	CRF [‡] 100%	2.7
	CRF 80%	2.3
	CRF 60%	4.7
	No nitrogen	1.0

[†] CF : Conventional fertilization

[‡] CRF : Controlled-release fertilizer.

양상이 다소 다양해지는 것은 벼의 군락형성이 다소 저조하여 군락내로 광이 투과되어 잡초가 많이 발생된 것으로 생각된다. 또한 사초과인 올방개의 발생이 많은 것은 군락형성이 미흡하면서 멀칭지가 일부 찢어지거나 피복 안 된 공간에서 발생된 것으로 생각된다.

종이멀칭 벼 재배 잡초 방제가는 이앙 후 45일에는 88.3~90.0%, 이앙 후 70일에는 83.3~86.7% 이었으나 벼 생육이 진전됨에 따라서 질소시비량이 적은 포장에서 잡초방제가가 다소 낮아지는 편이었다. 벼 이앙 후 70일의 잡초방제가가 관행 90%에 비하여 완효성비료 100%, 80%구에서 87%로 큰 차이가 없었으나 시비량이 적을수록 잡초발생이 다양해지고 잡초방제가가 약간 낮아지는 경향이였다 (Table 4).

Table 4. The weed control value (%) in paper mulching transplanting of paddy rice.

Treatment		45 DAT	70 DAT
Non-mulching	CF	95.0	90.0
Mulching	CRF 100%	90.0	86.7
	CRF 80%	88.3	86.7
	CRF 60%	90.0	83.3
	No nitrogen	78.3	80.0

Table 3. The occurrence of weed in paper mulching transplanting rice.

Treatment		45 DAT [†]	70 DAT
		Occurrence weed	Occurrence weed
Non-mulching	CF	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vaginalis</i>	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vaginalis</i> , <i>A. keisak</i>
Mulching	CRF 100%	<i>M. vaginalis</i> , <i>E. kuroguwai</i> , <i>L. prostrata</i>	<i>L. prostrata</i> , <i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vaginalis</i>
	CRF 80%	<i>M. vaginalis</i> , <i>E. kuroguwai</i> , <i>L. prostrata</i>	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vaginalis</i> , <i>L. prostrata</i>
	CRF 60%	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vaginalis</i> , <i>L. prostrata</i>	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vaginalis</i> , <i>L. prostrata</i> , <i>C. difformis</i>
	No nitrogen	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vaginalis</i> , <i>P. distinctus</i> , <i>C. difformis</i>	<i>E. kuroguwai</i> , <i>M. vaginalis</i> , <i>C. difformis</i> , <i>P. distinctus</i>

[†] DAT : Days After Transplanting.

벼 이앙 후 주요시기별 초장과 경수의 변화를 나타낸 것이 Table 5이다. 벼 이앙 후 14일경인 분얼 초기에는 시비처리간 차이가 없는 경향이였다. 벼 생육이 진전되면서 관행 무멀칭에 비하여 완효성비료 100%구는 초장과 경수가 크거나 많게 생육되었고 완효성비료 80%구는 관행과 차이가 없는 경향이였다. 그러나 완효성비료 60%구는 경수가 이앙 후 32일경부터 관행보다 적었다. 완효성비료 80% 수준 시용구의 벼 생육이 관행시비구의 벼 생육과 큰 차이가 없는 경향이였다.

완효성비료 수준에 따른 식물체 엽색도(SPAD)와 토양의 암모니아태 질소의 함량은 생육초기에는 시비량이 많을수록 높은 경향이였으나 벼 생육시기가 경과함에 따라서 관행과 완효성비료 80%구와 큰 차이가 없었다 (Fig. 2과 Fig. 3).

멀칭이앙 시 관행에 비하여 벼 수량구성요소 중 m^2

당 이삭수가 많았으나 수당립수는 적어지는 경향이였다. 이는 완효성비료는 기비로만 시비되기 때문에 분얼수(이삭수)가 조기에 충분히 확보되었다. 그러나 완효성비료 100%구에서는 생육중에는 다소 경수가 많게 경과 하였으나 (Table 5) 수확기에는 이삭수가 다소 적은 편이였다. 이는 시비량이 다소 많아서 최고분얼기경에 무효분얼이 많아져서 분얼수가 많았으나 성숙기에는 오히려 이삭수가 감소한 것으로 생각된다. Oh et al. (1979)은 NK 복합비료를 이사거름(수비)으로 시용 할 경우 수당립수와 등숙비율이 증가한다고 하였으나 본 시험에서는 관행의 수당립수만 이사거름의 추비로 인하여 증가되었다. 이는 등숙비율은 추비도 중요하지만 등숙기 기상이 중요한 요인으로 작용하기 때문으로 생각된다. 벼 종이 멀칭 기계 이앙재배시 완효성비료를 관행시비량의 80%를 사용하여 재배시 쌀 수량 $549 \text{ kg } 10a^{-1}$ 로 관행과 통계적으로 유의적

Table 5. Changes in rice growth at different days after transplanting with paper mulching.

Treatment		14 DAT		32 DAT		54 DAT		82 DAT	
		Plant height	Tiller	Plant height	Tiller	Plant height	Tiller	Plant height	Tiller
		cm	No. hill ⁻¹	cm	No. hill ⁻¹	cm	No. hill ⁻¹	cm	No. hill ⁻¹
Non-mulching	CF	21.5	4.8	37.3	16.5	68.5	18.7	94.8	17.1
Mulching	CRF 100%	23.4	5.9	47.0	25.0	68.0	20.7	98.3	20.7
	CRF 80%	21.7	4.9	38.1	19.1	67.7	19.6	91.0	17.8
	CRF 60%	20.5	4.9	35.8	16.7	67.4	19.0	85.0	14.8
	No nitrogen	18.4	5.4	31.9	12.6	56.0	15.4	80.0	14.4

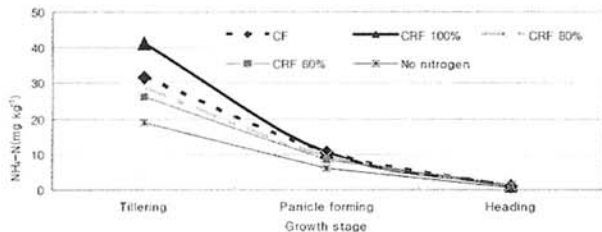


Fig. 2. The NH_4-N in soil according to growth stages by paper mulching transplanting of rice.

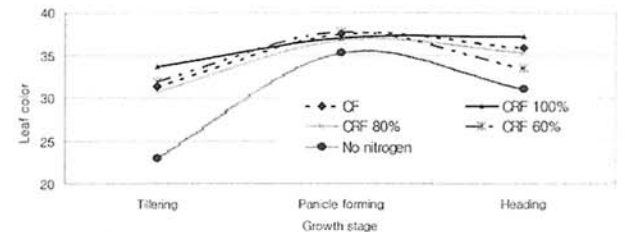


Fig. 3. The leaf color by growth stages and paper mulching transplanting of rice.

Table 6. Rice yield and yield characteristics of paper mulching transplanting rice.

Treatment		Panicle no.	Spikelet	Ripened grain	1,000-grain wt.	Milled rice
		no. m^{-2}	No. panicle ⁻¹	%	brown rice; g	kg ha^{-1}
Non-mulching	CF	385	83.4	93.8	22.9	5,560a
Mulching	CRF 100%	405	79.9	85.4	22.2	5,300a
	CRF 80%	433	74.4	95.3	22.4	5,490a
	CRF 60%	383	70.4	95.4	22.8	4,860b
	No nitrogen	258	67.5	93.0	21.3	3,060c

abc : DMRT(0.05)

차이가 없었다 (Table 6). 따라서 벼 종이멀칭기계가 이앙 재배에서 비료 시용 방법은 이앙 전에 밑거름으로 완효성비료를 표준 질소시비량의 약 80%를 사용하는 게 바람직하다. 이 결과는 일반적으로 벼 중묘기계 이앙 시 완효성비료 시비량 (Cheong et al., 1995)과 같은 경향이다. 벼 종이 멀칭 이앙 시 멀칭지는 50~60 일경에 분해 (Yang et al., 2005) 되어 60일 이후에서는 일반 재배와 거의 동일하다. 또한 초기에 피복상태에서 벼가 재배 되더라도 피복된 하부로 관개수의 이동이 자유롭고 담수상태로 관개한 물이 정체 되어있더라도 물의 비열이 높기 때문에 초기에 토양온도의 상승은 인정되나 (Yang et al., 2005) 전체적으로 근권의 큰 변화를 야기 시키지 못한 것으로 생각된다.

Table 7은 완효성 비료 수준에 따른 농업적 질소이용 효율을 나타낸 것이다. 벼에 대한 질소 이용률은 논의 유형, 비종, 시비방법 (시비위치), 시비시기, 기상 등의 요인에 따라서 12.2~50%로 변이가 크다 (Lee, 1998). 질소이용효율은 여러 가지가 있다. 먼저 농업적 질소이용효율과 질소비료생산성 있고 식물체 질소 함량이 필요한 생리적 효율과 질소회수율(시비 질소이용률)로 나눌 수 있다 (Yun et al., 1999). 본 시험에서는 농업적 질소이용효율 (Agronomic N-Use Efficiency, ANUE)은 처리구의 정조수량에서 무질소구의 정조수량을 뺀 값을 질소시비량으로 나누어 산출하였다 농업적 질소이용효율이 시비질소 이용률보다 더 높은 것은 시비질소 이용률은 총 질소흡수량을 기준으로 산출하지만 농업적 질소이용 효율은 정조수량을 근거로 계산하기 때문이다. 농업적 질소이용효율은 완효성비료의 시비량이 적을수록 높은 경향이있다. 그래서 완효성비료 100%구는 오히려 시비효율이 낮았다.

Table 7. Agronomic nitrogen-use efficiency of paper mulching transplanting rice.

Treatment		Agronomic nitrogen-use efficiency
		%
Non-mulching	CF	51.5
	CRF 100%	48.2
	CRF 80%	62.4
Mulching	CRF 60%	73.6
	No nitrogen	-

Agronomic nitrogen-use efficiency(ANUE)
 =[(Grain yield with N application-Grain yield from zero N plots)/N applied].

이상으로 벼 종이멀칭이앙 시 벼 주요시기별 초장과 경수, 벼 수량, 잡초발생 및 방제가, 시비효율 등을

고려하여 관행질소 시비량의 80%를 완효성비료로 이앙전에 밑거름으로 전층시비하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

적 요

본 시험은 벼 종이멀칭이앙 시 적절한 완효성비료의 시용량을 구명하고자 경기도 수원에 위치한 작물과학원 벼 연구 포장 강서통에서 대안벼를 2004년 5월 28일에 중묘를 멀칭기계 이앙하였다. 시험에 사용한 완효성비료는 LCU (Latex Coated Urea, 21-7-9) 복비를 사용하였다. 피복재료는 생분해성 폴리에스터 (PES 10 μ m) + 재생지를 이용하여 피복하였다. 처리 내용은 관행질소시비량 (110 kg ha⁻¹)을 기준으로 하여 완효성비료호 기준시비량의 60%, 80%구, 100%구와 관행 및 무질소구를 두고 시험을 수행하였다.

벼 멀칭이앙 시 모의 결주율은 무피복의 관행이앙과 차이가 없었다. 잡초발생 및 방제가 시비량이 적을수록 잡초가 다양해지고 잡초방제가 낮아지는 경향이였다. 벼 이앙 후 일수가 진전됨에 따라서 시비량이 많을수록 초장과 경수가 크거나 많아지는 경향이였고 완효성비료 80%구의 벼 생육이 관행시비구와 차이가 없는 경향이였다. 엽색도와 토양 중 NH₄⁺-N도 유사한 경향을 보였다. 따라서 수량구성요소 중 m²당 이삭수의 증가로 인하여 완효성비료 80%구가 관행과 수량 차이가 없었다. 농업적 질소이용 효율은 시비량이 적을수록 증가하였다. 벼 종이멀칭이앙 시 벼 수량 및 수량구성요소, 잡초발생 및 방제가, 시비 효율 등을 종합적으로 고려하여 관행질소 시비량의 80%를 완효성비료로 이앙 전에 밑거름으로 전층시비하는 것이 알맞을 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

Cheong J.I., W.Y. Choi, M.K. Choi and S.Y Lee. 1995. Effect of slow-release fertilizer levels of rice in different cultural methods. Korean J. Crop Sci. 40(6):747-756.

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.

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.

Lee, C. S. 1998. Fertilizer application. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 31(S.I):64-75.

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.
- Shen K. X. Wang and X. Luo. 1997b. Preliminary report on wet-cultivation with film mulching of rice. Hubei. Agric. Sci. 1:6-8.
- Shen K. X. Wang, J. Liu and X Luo. 1997a. Test and demonstraion on wet-cultivation with film mulching of rice. Hubei. Agric. Sci. 5:18-22.
- Singh U., J.K. Ladha, E.G. Castillo, G. Punzalan, A. Tirol-Padre and M. Duqueza. 1998. Genotype variation in nitrogen use efficiency in medium- and long-duration rice. Field Crops Research. 58:35-53.
- Tsuno Y. 1993. Non-agrochemical culture of paddy by mulching recycled paper. Farming Japan:36-41.
- 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.
- Yang W.H., H.S. Han, W.T. Jeon, C.I. Yang, B.S. Lee, Y.H. Yoon, D.H. Choi and J.W. Park. 2005. Improvement of technology on machine transplanting of rice II. Improvement of technology on paper mulching transplanting of rice. Research report(treat. of Crop Sci.). 6:278-291.
- Yun E.S., Z.R. Choe, Y.T. Jung, K.B. Park and J.S. Lee. 1999. Grain yield and nitrogen use efficiency due to Long-term fretilization in paddy rice. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 32(2):109-114.