

Research Article

Open Access

## 잣은 강우 조건에서 유기질자재에 따른 유기재배 벼의 수량과 질소이용효율

조정래,<sup>1</sup> 이연,<sup>1</sup> 최현석,<sup>1\*</sup> 김월수<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국립농업과학원 유기농업과, <sup>2</sup>전남대학교 원예학과

### The Effects of Organic Materials on Yield and N Use Efficiency of Organic Rice Grown under Frequent Heavy Rains

Jung-Lai Cho,<sup>1</sup> Youn Lee,<sup>1</sup> Hyun-Sug Choi<sup>1</sup> and Wol-Soo Kim<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea, <sup>2</sup>Department of Horticulture, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea)

Received: 12 May 2011 / Accepted: 17 June 2011  
© The Korean Society of Environmental Agriculture

#### Abstract

**BACKGROUND:** This study was conducted to investigate growth and yield of organically grown rice under a typhoon during a fall. The treatments included NPK chemical fertilizer, compost, oilcake, oilcake 2X, hairyvetch, and vetch+rye.

**METHODS AND RESULTS:** Nutrient applications were made at rates equivalent to approximately 0.9 kg of actual N per acre. Oilcake and hairyvetch treatments had the lowest C:N ratio, but compost had the highest C:N ratio of 34:1. Rice treated by organic nutrient sources had great growth and development at the beginning of the growing season but had depressed growth and yield at the harvest. Oilcake 2X-treated rice in early growing season, especially, showed better growth and development than rice treated by other nutrient sources but was severely lodged at the harvest season due to the typhoon. Compost treatment with high C:N ratio slowly released inorganic N and produced poor rice growth and yield; however, it recued rice lodging. N uptake was the greatest for the oilcake 2X and vetch+rye treatments but the lowest for the compost, which was the similar pattern to the N use efficiency; the greatest and lowest N use efficiency was observed for the oilcake 2X

(55%) and compost (5%), respectively.

**CONCLUSION(s):** Rice lodging should be prevented by reducing the excessive nitrogen supplement, resulting from the lower C:N ratio of the organic materials as well as prevented by the radical midsummer drainage. Vetch+rye treatment with 25:1 of C:N had optimum vegetative growth and reduced rice lodging, which increased N use efficiency and yield.

**Key Words:** Compost, Hairyvetch, Nitrogen, Oilcake, Rye

#### 서론

유기재배는 일반적으로 화학비료와 제초제등 농약을 배제하고 퇴비나 유기자재를 이용해서 작물을 재배하는 방법으로, 우리나라에서는 1990년대 후반 이후 활발하게 연구가 이루어지고 있다(Kim *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 1999; Kang *et al.*, 2002; Jeon *et al.*, 2003). 특히, 유기물 장기연용에 따른 토양의 유기물함량 변화(Yeon *et al.*, 2007) 및 토양의 이화학적 성질변화, 그리고 벼 수량에 미치는 영향에 관한 연구(Jeong *et al.*, 2001)가 진행되었으며, 벼 유기재배와 관행재배의 생육 및 수량과 품질에 관한 연구가 중점적으로 진행되고 있다(Cha *et al.*, 2010). 하지만 기존 연구들은 대부분 시비량을 달리한 퇴비 단용에 따른 결과로 최근 농가에서 많이 이용되는 유박이나 호밀과 헤어리베치와 같은 녹비 잔사물 투입에 따른 벼 생장과 수량에 관한 연구는 활발히 수행되지 못하고 있다.

\*교신저자(Corresponding author):  
Tel: +82-31-290-0544 Fax: +82-31-290-0507  
E-mail: dhkdwk7524@daum.net

벼 재배에 있어 질소 과다사용은 영양생장 증가로 인한 벼의 도복을 증가, 병해충에 대한 위험성 증가, 영양염류 증가로 인한 환경오염, 그리고 쌀의 품질을 저하시킬 수가 있다 (Lee *et al.*, 1999; Hayashi, 2010). 벼 유기재배의 질소 공급력은 유기자재의 탄질율에 따라서 큰 차이를 나타낸다.

이것은 동일한 양의 질소를 가진 유기물자재를 토양에 투입하였더라도 자재내의 탄소:질소(탄질)율에 따라서 질소가 무기태화 되는 양이나 속도가 달라질 수 있기 때문이다(Gale *et al.*, 2006). 탄질비가 20:1 이하인 유기질자재는 화학비료와 비슷한 비율로 무기태질소를 토양에 공급하므로 작물흡수에 따른 생육에 영향을 미치게 된다. 따라서 적절한 유기물 투입으로 최대한의 수량 효율을 올릴 수 있어야 하며, 과다한 영양생장을 줄이고 품질개선을 위한 자재를 고려해서 선택해야 한다(Lee *et al.*, 1999).

따라서 본 실험은 동일한 양의 질소를 투입하였을 때 기상조건 변화에 따라 탄질비가 다른 유기물을 사용하여 벼의 성장과 수량이 어떠한 영향을 받는지를 구명하기 위해서 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 시험재료 및 강수량

본 연구는 경기도 수원시 당수동에 소재한 국립농업과학원 시험포장에서 '추청'벼를 이용하여 수행하였다. 유기자재 투입량은 농촌진흥청 추천시비량에 의거해서 화학비료와 유기질자재의 질소 성분량 9 kg/10a 양으로 기준으로 하여 2010년 5월 13일에 투입하였다. 처리내용은 화학비료구(NPK), 가축분퇴비(Compost), 유박1배(Oilcake), 유박2배(Oilcake 2X; 18 kg N/10a), 헤어리베치(Hairyvetch), 헤어리베치+호밀(Vetch+Rye), 그리고 무처리(Control)를 포함하였다. 시험전 토양은 pH와 유효인산, 그리고 치환성 양이온 함량 (Table 1)은 모두 벼 재를 위한 적정 범위내에 포함되었다. 화학비료구의 질소원은 요소, 인산은 용성인비, 칼륨은 염화加里로 시비 하였다. 유박과 가축분퇴비(돈분왕겨퇴비)는 시중에서 유통되는 제품을 구입하여 사용하였다. 헤어리베치와 호밀은 농촌진흥청 식량과학원 포장에서 성장하고 있는 것을 수확해서 이용하였다. 베치+호밀처리는 탄질비가 25:1이 되도록 맞춘 후에 질소 투입량을 계산해서 투입하였다.

**Table 1. Chemical properties in pre-treatment soil at 0-20 cm depth in a rice field in Suwon, Korea in 2010**

Soil	pH	EC	C	N	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex. Cation (cmol <sup>+</sup> /kg)		
	(1:5)	dS/m	(g/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	K	Ca	Mg
Clay loam	5.27	0.62	7.03	0.38	419	0.16	3.9	0.47

재료분석은 시료를 건조하여 잘 분쇄한 후, 전탄소는 회화법으로 정량하였고, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HClO<sub>4</sub> 혼합용액으로 시료를 분해하여 전질소는 Indophenol-blue법으로, 인산은 Ammonium vandate법, 양이온은 ICP (Inductively Coupled Plasma: Labtam 8440, LABTAM CO., Australia)로 분석(농촌진흥청, 2003)하였다(Table 2). 실험구는 5월19일 쓰레질 한 후에 40일간 육묘한 '추청' 벼를 5월25일에 30 cm 15 cm 간격으로 주당 3본씩 이앙하였다. 잡초관리를 위해 이앙 3일 후에 왕우렁이 5 kg/10a를 방사하였다.

지난 10년간(2001-2010년) 우리나라의 가을철 강수량 평균은 253 mm이고 2010년 강수량은 315 mm 이었다(KMA, 2010). 또한 지난 10년간 8-9월의 평균강우일수는 24일이었으나 2010년은 37일 이었다. 2010년 9월2일에는 동남아에서 발생했지만 크게 약해진 태풍 '곤파스'는 순간 최대풍속 30 m 이상의 강풍과 비를 동반한 태풍이었다. 이 태풍은 비록 약한 세력이었지만 우리나라 경기도와 충청도 지역을 통과해서 이 지역 농작물에 막대한 피해를 입혔다.

#### 토양 및 식물체 분석

토양시료는 시료 투입전과 작물 수확 후에 0-20 cm 깊이에서 채취하였으며, 농업과학원 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2003)에 의거하여 pH(1:5)는 이온전극법으로 전질소는 Kjeldahl 증류법을 이용하였다. 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온은 1 N ammonium acetate로 침출한 후 ICP를 이용하여 분석하였다. 토양용액은 토심 20 cm에서 처리 후 7일 간격으로 추출하여 무기태질소를 조사하였다.

식물체는 최고분얼기에 초장과 경수를 관찰하고 간이 SPAD 502 meter (Minolta, Japan)를 이용하여 엽색을 측정하여 엽록소를 추정하였다. 9월2일에 태풍 '곤파스'에 의해서 많은

**Table 2. Nutrient concentrations in raw materials of organic nutrient sources**

Treatment	Moisture content	C	N	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Compost	54	34	1.0	34	1.00	1.96	0.80	0.42
Oilcake	10	42	6.1	7	2.05	2.10	1.78	0.87
Hairyvetch	85	42	2.8	15	0.83	2.81	1.96	0.43
Rye	75	47	1.0	47	0.78	3.87	1.13	0.17

Nutrient sources were not statistically analyzed, but the results were from a bulk analysis derived from random samples of the nutrient sources.

수량의 비가 도복하였다. 도복정도는 태풍이 지나간 후, 농업과학기술원 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2003)에 의거해서 도복정도를 0(도복없음)에서 9(완전도복)로 나누어서 조사하였다. 수확기인 10월 19일에 수량 및 수량구성요소를 조사하고, 수확된 벼를 70°C 건조기에서 건조한 후에 마쇄하였다. 식물체분석 또한 농업과학기술원 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2003)에 의거하여 위의 유기물자재를 분석한 방법과 마찬가지로 조사하였다.

**통계분석**

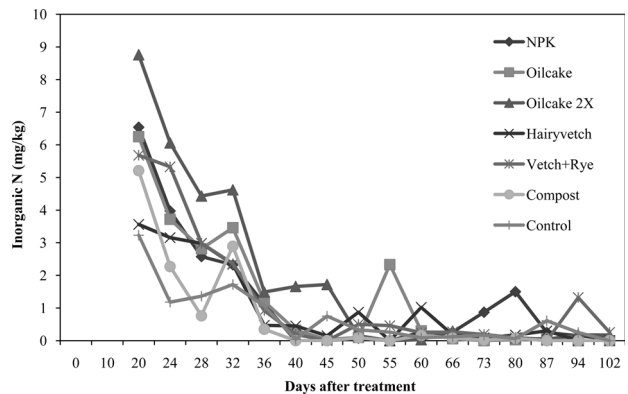
시험구당 면적은 68 m<sup>2</sup>로 처리당 3반복으로 난괴법으로 하였다. 자료분석은 SPSS 통계분석을 이용하여 분산분석하였고, 평균간 유의차 검증은 Duncan's multiple range test로 95% 수준에서 분석하였다.

**결과 및 고찰**

유기질 자재의 무기성분을 분석한 결과 처리간에 다양한 탄소, 질소, 탄질비, 인산, 칼륨, 그리고 마그네슘 함량은 큰 차이를 보였다(Table 2). 유박은 다른 자재에 비해서 질소, 인산 그리고 마그네슘 농도가 가장 높았고 탄질비가 가장 낮았다. 헤어리베치는 호밀과 가축분퇴비보다 높은 질소와 마그네슘 함량을 나타내었다. 호밀은 유기질 자재중에서 탄소 함량이 47%로 가장 높았으나 질소는 1.0%로 비교적 낮게 나타나서 탄질비가 47:1로 가장 높았으며 칼륨 함량은 3.87%로 가장 높게 나타났다. 가축분퇴비와 호밀은 탄질비가 모두 30:1 이상으로 나타나서 미생물에 의한 질소의 무기태화(N-mineralization)가 이루어지기에는 오랜 시간이 걸릴 것으로 판단되었다(Gale *et al.*, 2006). 이와는 반대로 유박과 헤어리베치는 탄질비가 각각 7:1과 15:1로 낮게 나타났는데, 이러한 비율은 자재내 유기태질소의 무기태화 되는 속도가 빨리 진전되어(Gale *et al.*, 2006) 토양에 무기태질소의 원활한 공급이 있을 것으로 판단되었다.

토양 20 cm 깊이에서의 논 토양에서 추출한 토양 용액 중 질산태질소와 암모니아태 질소를 합한 무기태 질소의 농도는

처리 후 20일째 되던 날에는 유박2배(oilcake 2X) 처리가 8.8 mg/kg으로 가장 높았으며, 화학비료(6.5 mg/kg), 유박1배(6.3 mg/kg), 벼치+호밀(5.7 mg/kg), 퇴비(5.2 mg/kg), 헤어리베치(3.6 mg/kg), 그리고 무처리(3.2 mg/kg) 순으로 나타났다(Fig. 1). 유박2배 처리는 처리 후 45일째 되던 날까지 가장 높은 무기태 질소농도를 나타내었는데, 이는 다른 처리구(9 kg N/10a)보다 2배 많은 질소량(18 kg N/10a)이 투입되었기 때문으로 판단된다. 화학비료는 처리 20일째 이후 다른 처리구에 비해 감소되는 무기태질소 감소 현상이 큰 것으로 나타났다. 이전의 유기질비료 연구에서 완효성비료는 화학비료나 지효성비료인 유박보다 낮은 암모니아태 질소 용출량을 보였던 결과(Kang *et al.*, 2002)와 비슷한 경향이였다. 유박1배와 벼치+호밀도 처리 한달 전후까지 무처리보다 높은 무기태질소 함량을 유지하였다. 처리 36일 이후에는 무처리구가 자체처리구보다 높은 무기태질소 농도가 나타난 경우가 관찰되었는데, 이는 벼의 무기태 질소 흡수에 의해 토양 용액에 잔존되어있는 양이 달라졌기 때문으로 추정되었다. 처리 50일 이후에는 무기태 질소가 갑자기 증가하는 것이 관찰되기도 하였는데, 처리 55일째 되는 날에는 유박1배가, 처리 60일 후에는 헤어리베치가, 처리 73일과 80일 후에는 화학비료가, 처리 94일 후에는 벼치+호밀 처리가 높은 경향이 나타



**Fig. 1.** Inorganic N in soil solution at a depth of 20 cm in a rice field at days after treatments.

**Table 3.** Chemical properties at 0-20 cm depth of soil in a rice field at harvest as affected by nutrient sources

Treatment	pH	C (g/kg)	N	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. Cation (cmol <sup>+</sup> /kg)		
	(1:5)				K	Ca	Mg
NPK	6.8 ab	19 a	0.04 a	53 a	0.3 b	6.9 a	1.4 a
Compost	7.0 a	20 a	0.04 a	73 a	0.4 a	7.4 a	1.6 a
Oilcake	6.7 ab	17 a	0.04 a	50 ab	0.3 b	6.4 a	1.3 a
Oilcake 2X	6.8 ab	20 a	0.05 a	56 a	0.3 b	6.8 a	1.5 a
Hairyvetch	6.8 ab	18 a	0.03 a	56 a	0.3 b	7.0 a	1.5 a
Vetch+Rye	6.6 b	18 a	0.03 a	51 ab	0.3 b	6.5 a	1.3 a
Control	6.7 ab	16 a	0.01 a	29 b	0.2 b	7.1 a	1.4 a

Vetch is referred as hairyvetch.

Means separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

**Table 4. Growth characteristics at maximum tillering stage and harvesting of rice as affected by nutrient sources**

Treatment	Maximum tillering stage			Harvesting		
	Height (cm)	No. of spikelets per m <sup>2</sup> ( 1,000)	SPAD	Height (cm)	No. of spikelets per m <sup>2</sup> ( 1,000)	Lodging index (0-9)
NPK	69 ab	22 b	32 ab	113 bc	19 ab	1.4 ab
Compost	66 b	22 b	32 ab	106 c	15 b	1.1 ab
Oilcake	69 ab	23 b	33 ab	112 bc	19 a	1.5 ab
Oilcake 2X	74 a	32 a	36 a	122 a	21 a	3.2 a
Hairyvetch	67 ab	25 b	32 ab	113 bc	18 ab	1.4 ab
Vetch+Rye	66 b	25 b	34 ab	119 ab	21 a	1.7 ab
Control	66 b	21 b	30 b	110 c	15 b	0.2 b

Vetch is referred as hairyvetch.

Lodging index of 0 and 9 indicate for no lodging and completely lodging, respectively.

Means separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

났다. 이러한 차이는 처리구간에 작물흡수에 의해 남아있는 무기태질소의 양이 달라졌거나 토양용액의 고갈 또는 뿌리의 분해 등에 의해 처리간에 다소 차이가 있었을 것(Lee *et al.*, 1999)으로 추정되었지만 굉장히 미비한 무기태질소 농도 차이(1-2 mg/kg)로 무시될 수 있는 수준이었다. 처리 102일 후에는 모든 처리구에서 무기태 질소가 0.5 mg/kg 수준 이하로 낮게 나타나서 질산태질소의 지하수 오염가능성을 막은 것으로 판단되었다(Lee *et al.*, 1999).

시험 후 토양의 pH는 처리간에 큰 차이를 보이지 않았다 (Table 3). 토양의 전탄소와 전질소 그리고 칼슘과 마그네슘은 처리간에 통계적으로 유의성 있게 나타나지 않았다. 유효 인산과 칼륨은 모든 자재처리구에서 무처리보다 높게 나타났으며, 특히 가축분퇴비에서 높은 경향이 나타났다. 토양 내 칼슘과 마그네슘 농도는 토양 pH와 마찬가지로 처리구와 무처리구간에 뚜렷한 경향을 찾아볼 수가 없었다.

최고분얼기에서 유박2배가 초장, 경수, 엽색(SPAD)이 가장 높았으며 자재 처리구에서 무처리구보다 통계적으로 유의성 있는 차이는 없었으나 높은 경향을 보였다(Table 4). 이러한 경향은 가축분퇴비를 제외하고 수확기에서도 관찰되었다.

베치+호밀은 분얼기와 수확기에 비교적 높은 엽색과 초장 그리고 경수를 나타내었다. 유박2배구는 초기생육이 월등하였으나 9월 2일 태풍에 의하여 도복 정도가 다른 처리구에 비해 심한 것으로 관찰되었다.

수량 및 수량구성요소는 8월 이후 잦은 강우와 태풍으로 전반적으로 수량이 감소하였다(Table 5). 등숙율과 천립중은 초장과 경수 그리고 SPAD가 가장 높았던 유박2배가 가장 낮았고(69%, 19.9 g), 이와는 반대로 위의 초장, 경수, SPAD가 낮았던 가축분퇴비와 무처리가 비교적 높게 나타났다. 도복은 수량과 특히 쌀 품질저하에 매우 큰 영향을 미친 것으로 알려져 있다. 도복 정도가 심할수록 완전미 비율이 급격하게 감소해서 등숙율과 천립중을 낮추므로 강수량이 많은 늦여름과 가을철에는 중간 낙수를 철저히 실시하여 토양 중 벼뿌리의 심층분포를 유도하여야 할 것으로 판단되었다(Lee *et al.*, 1999). 또한 철저한 중간낙수는 질소과다와 영양생장을 억제함으로써 도복발생을 최소화 하고 쌀 품질을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 가축분퇴비와 무처리구보다 생장이 좋았던 화학비료와 유기질 자재구에서(Table 3) 비교적 많은 이삭수를 나타내었다. 수당립수는 앞에서 관찰되었던 처리구간의 경향

**Table 5. Yield components and yield of rice at harvesting stage as affected by nutrient sources**

Treatment	Maturity ratio (%)	1,000 grain wt. (g)	No. of panicles per hill	No. of grain/panicle	Unhulled yield (kg/10a)	Yield index
NPK	86 a	24.8 b	18.5 ab	85 a	769 a	100
Compost	90 a	24.4 b	14.9 b	80 b	584 ab	76
Oilcake	83 a	23.7 b	19.4 a	73 c	650 ab	85
Oilcake 2X	69 b	19.9 c	20.9 a	78 bc	507 b	66
Hairyvetch	83 a	25.6 ab	18.4 ab	75 c	676 ab	88
Vetch+Rye	82 a	22.8 bc	20.6 a	77 bc	681 ab	89
Control	90 a	28.2 a	14.8 b	75 bc	647 ab	84

Vetch is referred as hairyvetch.

Means separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

**Table 6. Dry weight, N uptake, and N use efficiency of rice as affected by nutrient sources**

Treatment	Dry wt. (kg/10a)		N uptake (kg/10a)			N use efficiency (%)
	Straw	Grain	Straw	Grain	Straw+grain	
NPK	885 ab	616 a	2.1 b	5.9 a	8.0 ab	31 ab
Compost	728 b	508 a	1.8 b	3.8 b	5.6 b	5 b
Oilcake	885 ab	633 a	3.3 ab	5.5 ab	8.8 ab	40 a
Oilcake 2X	905 ab	534 a	4.6 a	5.6 ab	10.2 a	55 a
Hairyvetch	912 ab	673 a	2.8 ab	5.8 ab	8.6 ab	38 a
Vetch+Rye	1,008 a	676 a	4.0 a	6.0 a	10.0 a	54 a
Control	816 ab	583 a	3.0 ab	4.9 ab	7.9 ab	-

Vetch is referred as hairyvetch.

Means separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

이 나타나지 않았다. 정조수량에 있어서는 초기생육이 월등하였던 유박2배가 태풍에 의하여 도복하여 수량이 무처리구보다 현저하게 감소한 것으로 관찰되었다. 화학비료와 유박2배가 정조수량에 있어서 통계적으로 유의성 있는 차이만 보였고 나머지 처리구간에는 별다른 차이가 관찰되지 않았다. 벼치+호밀은 수량지수가 89로 가장 높았으며, 유기질 처리와 무처리는 모두 화학비료 대비 수량지수가 낮게 나타났다. 특히, 유박 2배는 도복으로 인해서 화학비료에 비해 66% 정도의 수량지수를 나타내었다. 탄질비가 높은 가축분퇴비구는 정상적인 양분공급이 이루어지지 않아 초기 생육이 불량하였으나 도복하지 않아 유박2배 보다는 높은 수량을 보인 것으로 판단되었다.

벼짚의 건물중은 벼치+호밀에서 1,008 kg/10a로 가장 높았고 헤어리베치(912 kg/10a)와 유박2배(905 kg/10a)가 그 뒤를 따랐고 가축분퇴비가 728 kg/10a로 가장 낮았다(Table 6). 처리에 따른 알곡의 건물중은 통계적으로 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다. 벼짚내 전질소 흡수량은 벼치+호밀보다 건물중이 낮았던 유박2배구에서 가장 높았는데 이는 유박 2배로 처리된 벼짚내 전질소농도(자료미제시)가 가장 높았기 때문으로 판단 된다. 알곡의 질소 흡수량은 유박2배구보다 높은 건물중을 보였던 벼치+호밀구에서 6.0 kg/10a로 가장 높게 나타났다. 작물내 질소의 총흡수량은 유박2배와 벼치+호밀구에서 각각 10.2와 10.0 kg/10a로 가장 높았으며, 가축분퇴비가 5.6 kg/10a로 가장 낮게 나타났다. 질소이용율은 유박2배가 55%로 가장 높았으며 벼치+호밀구(54%), 유박1배(40%), 헤어리베치(38%), 화학비료(31%), 가축분퇴비(5%) 순으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하면 유기며 재배에서 유기질 자재를 이용하여 시비할 경우에는 유박과 같이 탄질비가 낮은 자재는 적정량을 사용하여 질소질 과다 공급에 의한 도복피해를 예방해야 하며 철저한 중간낙수로 성장조절에 유의 해야 할 것으로 판단되었다. 탄질비가 25:1를 나타낸 벼치+호밀구는 적절한 영양생장으로 도복을 감소시킴으로써 질소흡수율과 수량을 증가시켰다.

## 요 약

본 연구는 탄질비가 다른 유기자재를 사용하였을 때 유기 재배 벼의 수량과 질소이용율이 미치는 기상 조건의 영향을 조사하기 위해서 2010년에 수행되었다. 처리구는 질소함량 9 kg/10a 수준으로 화학비료, 가축분퇴비, 유박1배, 유박2배(18 kg/10a), 헤어리베치, 벼치+호밀을 포함하였다. 유박과 헤어리베치는 가장 낮은 탄질비를 나타내었고 가축분퇴비는 34:1의 가장 높은 탄질비를 보였다. 유기자재 처리구의 초기 생육은 양호하였으나 후기 태풍과 같은 기상조건에 따라 전반적으로 생육이 부진하고 수량이 감소하였다. 특히, 유박2배구는 초기생육이 월등하였으나 태풍의 영향으로 도복정도가 가장 심하게 나타났다. 탄질비가 높은 가축분퇴비구는 정상적인 질소공급이 이루어지지 않아 초기생육이 불량하였고 도복하지 않았더라도 낮은 수량을 보였다. 질소흡수량은 유박2배와 벼치+호밀구에서 높았고 가축분퇴비에서 가장 낮았으며, 질소이용율도 비슷한 경향을 나타내었다.

## 감사의 글

We would like to thank to the Organic Agriculture Division, Korean National Academy of Agricultural Science for providing assistance.

## 참고문헌

- Cha, K.H., Oh, H.J., Park, R.D., Park, H.G., An, K.N., Jung, W.J., 2010. Comparison of growth, yield and quality between organic cultivation and conventional cultivation in rice (*Oryza sativa* L.) field, *Korean J. Organic Agric.* 18, 199-208.
- Gale, E.S., Sullivan, D.M., Cogger, C.G. Bary, A.I., Hemphill, D.D., Myhre, E.A., 2006. Estimation plant-available nitrogen release from manures, composts, and specialty products, *J. Environ. Qual.* 35,

- 2321-2332.
- Hayashi, S., Kamoshita, A., Yamagishi, J., Kotchasatit, A., Jongdee, B., 2010. High-yielding crop management by enhancing growth in reproductive stage of direct-seeded rainfed lowland rice (*Oryza sativa* L.) in northeast Thailand, *Plant Prod. Sci.* 13, 104-115.
- Jeon, W.T., Park, C.Y., Cho, Y.S., Park, K.D., Yun, E.S., Kang, U.G., Park, S.T., Choe, Z.R., 2003. Spatial distribution of rice root under long-term chemical and manure fertilization in paddy, *Korean J. Crop Sci.* 48, 484-489.
- Jeong, J.H., Sin, B.W., Yoo, C.H., 2001. Effects of the successive application of organic matters on soil properties and rice yields, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34, 129-133.
- Kang, S.W., Yoo, C.H., Yang, C.H., Han, S.S., 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, H.H., Lee, J.Y., Park, K.S., 1998. Effects of fermented cattle manure compost incorporated autoclaved lightweight concrete (ALC) waste and raising duck in rice paddy field on rice yield and quality, *Korean J. Environ. Agric.* 17, 54-58.
- KMA (Korea Meteorological Administration), 2010. Weather data, Seoul, Korea.
- Lee, S.M., Ryu, I.S., Lee, C.S., Park, Y.H., Um, M.H., 1999. Determination of application rate of composted pig manure for wetland rice, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 32, 182-191.
- Yeon, B.Y., Kwak, H.K., Song, Y.S., Jun, H.J., Cho, H.J., Kim, C.H., 2007. Changes in rice yield and soil organic matter content under continued application of rice straw compost for 50 years in paddy soil, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 40, 454-459.
-