

중부지역 답리작에서 두과 및 화본과 녹비작물의 재배방법에 따른 biomass, 질소 함량이 벼 수량에 미치는 영향

전원태* · 성기영 · 김민태 · 오인석 · 최봉수 · 강위금

농촌진흥청 국립식량과학원

Effect of Biomass and N Production by Cultivation Methods of Leguminous and Gramineae Green Manures on Rice Growth in Central Regions of Korea

Weon-Tai Jeon*, Ki-Yeong Seong, Min-Tae Kim, In-Seok Oh, Bong-Su Choi, and Ui-Gum Kang

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

The cultivation methods are important for determining crop yield of green manure. The effect of cultivation methods of green manure crops (GMC) on biomass and rice yield was investigated. This experiment was conducted at Sinheung series (fine loamy, mixed, nonacid, mesic family of Fluvaquentic Endoaquepts from Oct. 2007 to Oct. 2008 at the National Institute of Crop Science (NICS), RDA, Suwon, Gyeonggi province, Korea. Seven GMC (hairy vetch, barley, Chinese milk vetch, rye, crimson clover, oats, rattail fescue) were cultivated and incorporated on paddy soil by broadcasting before rice harvesting (BBRH) and partial tillage seeding (PTS). Among the three leguminous GMC, the biomass and N production were the highest at the hairy vetch of PTS. Among the four gramineae GMC, the biomass and N production tended to be higher in the rye of BBRH and barley of PTS. The C/N ratio (56.5~74.2) of rye was high compared with hairy vetch (14.1). Among the GMC, the incorporation of hairy vetch increased $\text{NH}_4\text{-N}$ contents in rice paddy soil at 14 and 42 days after transplanting. These results showed that hairy vetch had no significant to rice yield compared with conventional fertilization. Therefore, hairy vetch seems to be the most efficient green manure crop as an alternatives to chemical N fertilizer in the central regions of Korea.

Key words: Green manure crops, Biomass, Cultivation methods, Rice, Yield

서 언

녹비작물은 화학비료 절감 및 토양비옥도 향상을 위하여 재배한다. 녹비작물은 토양에 유기물을 환원함으로써 토양의 이화학적 특성 개선에 효과적이다 (Clark, 2007). 벼 중심 작부체계에서 녹비작물의 이용에 관한 많은 연구가 수행되었고 (Asagi and Hideto, 2009; Asharf et al., 2004; Jeon et al., 2008) 녹비작물의 환원은 유기물원으로써 뿐만 아니라 벼 이용 양분으로써 중요한 역할을 한다. 녹비작물을 재배하면 토양 질산태 질소 및 토양유실 경감효과와 공중질소를 고정함으로써 경지 생태계 내에서 친환경적으로 양분순환을 할 수 있는 장점이 있다 (Azam, 1990; Hartwig and Ammon, 2002).

우리나라 녹비작물 재배면적은 일제강점기인 1930년대

자운영은 약 100,000 ha, 헤어리베치는 50,000 ha까지 재배된 적이 있다 (Lee, 1983). 최근 국가의 녹비작물 종자대 지원사업 및 친환경농업에 대한 생산자와 소비자의 관심 고조 등으로 녹비작물의 재배면적이 다시 증가하여 2010년 144,000 ha까지 증가하였다 (FACT, 2011). 녹비작물 종자대 사업에서 지원되고 있는 녹비작물은 두과는 헤어리베치, 자운영이고 화본과는 호밀과 보리 등이 주 작물이다. 2011년 농식품부에 의하면 2009년에는 자운영이 3,182톤, 호밀 9,003톤 헤어리베치 661 ton, 보리 766 ton이 보급하였다 (FACT, 2011).

자운영은 내한성이 약하여 주로 대전 이남 지역에서 재배되고 헤어리베치는 중부지방에서 재배되고 있다. 답리작에서 재배되는 녹비작물은 가을에 파종하여 겨울을 나기 때문에 월동률이 중요한 재배 제한 요인이다. 월동률은 녹비작물 종류와 재배기술에 의해 영향을 받는다. 최근 Jeon et al. (2011)은 답리작에서 벼 입모중 파종보다 부분경운 파종을 하면 월동률이 증진된다는 보고 있었다. 또한 녹비작물의 종류에 따라서 biomass와 질소 생산성이 다르다.

접수 : 2011. 9. 6 수리 : 2011. 10. 5

*연락처 : Phone: +82312906783

E-mail: jeon0550@rda.go.kr

우리나라 중부지역의 녹비작물은 주로 헤어리베치, 호밀, 보리가 재배되고 있다.

본시험은 중부지역에서 녹비작물을 이용하여 벼 재배 시 화학비료를 대체하기 위하여 기존 재배되고 있는 헤어리베치와 호밀 및 보리 외에 다양한 녹비작물의 biomass, 질소 생산성 및 벼 재배 이용성 등에 대해 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

녹비작물 재배 및 분석 본시험은 경기도 수원시에 소재한 농촌진흥청 국립식량과학원 벼 포장 (신흥동, 식양질)에서 수행하였다. 시험 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다. 유기물의 함량이 다소 높고 인산의 함량이 낮은 토양으로 입모중 파종구보다 부분경운 파종구가 전반적으로 비옥도가 약간 양호 하였다 (NIAST, 2066).

녹비작물 파종은 벼 수확 전 입모중 파종과 벼 수확 후 부분경운 파종을 하였다. 부분경운 파종방법은 트랙터 부착형 8조식 파종기 이용하여 조간이 25 cm 이며 배수골 중앙부분은 35 cm, 배수골 양쪽은 20 cm이다. 이때 부분경운의 폭은 8 cm, 깊이 7 cm이며, 배수골 폭은 10 cm, 깊이는 12 cm이다 (Jeon et al., 2008).

시험에 사용된 녹비작물은 두과 3종, 화본과 4종을 재배하였다. 두과는 헤어리베치, 자운영, 크림손클로버로 헤어리베치는 국내 육성품종인 청풍보라, 자운영은 중국 수입종, 크림손클로버는 미국에서 수입한 Dixy를 이용하였다. 화본과는 보리, 호밀, 귀리, 들묵새로, 보리는 영양보리, 호밀은 곡우호밀, 귀리는 삼한귀리, 들묵새는 일본서 수입한 것을 이용하여 시험을 수행하였다. 입모중 파종은 두과인 자운영, 헤어리베치 및 크림손클로버는 9월 26일에 파종하였다. 화본과인 보리, 호밀, 귀리는 10월 1일에 파종하였다. 벼 수확후 부분경운 파종은 두과와 화본과 모두 10월 9일에 파종하였다. 10a 당 파종량은 입모중 및 부분경운파종 모두 헤어리베치는 9 kg, 자운영과 크림손클로버는 3 kg를 파종하였고, 화본과는 보리, 호밀, 귀리는 15 kg, 들묵새는 3 kg를 파종하였다. 녹비작물 biomass 조사는 2008년 5월 14에 1 m² (1 m×1 m)의 면적을 기준으로

하여 녹비작물을 채취하여 생초중을 측정 후 비닐하우스에서 충분히 풍건 후 60°C에서 24시간 충분히 건조시켜 건물중을 측정하여 기록하였다. 녹비작물의 투입은 2008년 5월 15일에 로타리 경운으로 환원하였다. 식물체의 질소와 탄소는 CNS2000 (Leco, USA)을 이용하여 분석하였고 그 외 분석은 토양 및 식물체 분석은 농촌진흥청 (NIAST, 2000) 방법에 준하였다.

벼 재배 및 생육, 수량조사 벼 품종은 윤작체계상 숙기가 다소 빠른 중생종인 품미벼를 이용하였다. 파종은 플라스틱 산파육묘상자 (30 × 60 × 3 cm)에 따른 종자 기준 130 g을 소독, 침종, 최아 후 파종하였다. 유묘는 25일간 육묘하여 2008년은 6월 4일에 기계 이앙하였다. 벼 재배 시 관행 시비구는 ha 당 질소 - 인산 - 칼리를 각각 90 - 45 - 57 kg을 사용하였고 질소는 50 (기비) - 20 (분얼비) - 30% (수비)로 분시하였고, 인산은 전량 기비, 칼리는 기비로 70%, 수비로 30% 분시하였다. 벼 재배 중 생육, 수량 및 수량구성요소는 농업과학기술 연구조사분석기준 (RDA, 2003)에 준하여 조사를 수행하였다. 벼 재배 중 생육조사는 분얼기와 유수형성기에 초장과 경수를 조사하였다.

토양 분석 시험 전 토양분석을 위하여 녹비작물 재배 전에 표토 0~15 cm 깊이에서 3반복으로 채취하였다. 채취한 시료는 음건하여 2 mm 체를 통과된 것을 화학성 분석에 사용하였다. 토양화학성 분석은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)을 적용하여 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 초차전극법 (720P, iSTEK, USA)으로 측정하였고, 유기물은 원소분석기 CNS2000 (LECO, USA)를 이용하여 탄소를 분석하여 탄소함량에 계수 1.724를 곱하여 산출하였고 질소분석에도 CNS2000을 이용하였다. 유효인산은 Lancaster 법, 양이온은 ICP (GBC SDS-270, Australia)를 사용하여 분석하였다. 벼 재배기간 중인 분얼기와 유수형성기에 토양 암모니아태 질소를 분석하였다. 분석은 Inject flower meter인 FIAStar5000 (FOSS Sweden)로 분석하였다.

통계분석 방법 통계분석은 SAS 9.2. 버전을 이용하였다. 벼 수량 및 수량구성요소 등은 5% 유의수준에서 Duncan's

Table 1. Chemical properties of initial soil.

Treatment	pH	T-N	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation		
					K	Ca	Mg
	(1:5)	%	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmolc kg ⁻¹		
BBRH [†]	5.19	0.19	39.0	62	0.46	6.02	1.43
PTS [‡]	5.22	0.18	40.7	80	0.45	5.87	1.40

[†]BBRH, Broadcasting Before Rice Harvesting; [‡]PTS, Partial Tillage Seeding.

multiple range test를 수행하였다.

결과 및 고찰

중부지방에서 녹비작물의 biomass를 평가하기 위하여 녹비작물 및 파종방법에 따른 생초 및 건물중을 녹비작물 환원 직전인 2008년 5월 14일에 조사하였다 (Table 2). 전체적으로 벼입모중산파보다 부분경운조파에서 biomass가 높았다. 이는 벧짚으로 피복되는 입모중 파종보다 복토가 되는 부분경운 파종이 월동의 안전성이 증진된 것에 원인이 있는 것으로 사료되었다 (Jeon et al., 2011). 두과 녹비작물 중에는 헤어리베치가 입모중과 부분경운 파종에서 생초중이 각각 10a 당 2,418 kg과 2,826 kg로 가장 높았다. 남부지방에서 많이 재배되는 자운영은 입모중에서 10a 당 166 kg, 부분경운에서 515 kg 10a⁻¹가 생산되었고 크림손클로버는 입모중에서 515 kg 10a⁻¹, 부분경운에서

388 kg 10a⁻¹가 생산되어 가장 적었다. 중부지방에서 가장 적응력이 높은 두과 녹비작물은 헤어리베치이고 자운영은 재배는 가능하나 입모중이나 부분경운 파종 모두 다 벼 재배 시 질소 100%가 대체 가능한 생초량인 2,500 kg 10a⁻¹에 미치지 못함을 알 수가 있었다 (Kim et al., 2009). 화본과 녹비작물은 호밀>보리>귀리 순으로 biomass가 많았고 호밀이 벼 입모중 파종에서 부분경운 파종보다 biomass가 높은 경향을 보였다. 잡초인 독새풀의 발생은 biomass가 적은 녹비작물인 자운영, 크림손클로버, 귀리 등에서 많았고 호밀과 헤어리베치에서 적었다.

녹비작물 및 파종방법에 따른 C/N율과 N 생산성을 조사하였다 (Table 3). C/N율은 녹비작물의 부숙화에 밀접한 영향을 미친다 (Mohanty et al., 2011). 파종방법별로는 부분경운 파종이 입모중 파종보다 녹비작물의 C/N율이 높았다. 이는 부분경운 파종이 입모중 파종보다 생육이 양호하여 생육이 더 진전된 것으로 판단되었다. 녹비작물은 두과작물인 헤어리베치, 자운영, 크림손클로버가 낮았고

Table 2. The biomass of green manure crops by seeding methods before incorporation.

Green manure crops	BBRH [†]				PTS [‡]			
	Fresh weight		Dry weight		Fresh weight		Dry weight	
	Green manure	Weed [§]	Green manure	Weed	Green manure	Weed	Green manure	Weed
	----- kg 10a ⁻¹ -----							
Hairy vetch	2,418a	142d	507b	53c	2,826a	31d	692a	31c
Chinese milk vetch	166f	654a	43e	258a	515d	405a	130e	175a
Crimson clover	132f	637a	37e	272a	388e	292b	121e	136b
Barley	862c	338b	224c	140b	1,217b	63c	436c	51c
Rye	1,296b	24e	562a	17c	1,187b	13d	562b	5d
Oats	329e	671a	79d	252a	947c	53c	290d	39c
Rattail fescue	687d	253c	239c	125b	400e	320b	134e	139b

[†]BBRH, Broadcasting Before Rice Harvesting; [‡]PTS, Partial Tillage Seeding; [§]Weed, Foxtail.

*The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

Table 3. The C/N ratio and N production of green manure crops by seeding methods before incorporation.

Green manure crops	BBRH [†]				PTS [‡]			
	C/N ratio		N production		C/N ratio		N production	
	Green manure	Weed [§]	Green manure	Weed [§]	Green manure	Weed [§]	Green manure	Weed [§]
	----- % -----		----- kg 10a ⁻¹ -----		----- % -----		----- kg 10a ⁻¹ -----	
Hairy vetch	14.1e	23.5b	16.9a	1.0a	14.1d	20.3c	22.6a	0.7a
Chinese milk vetch	17.5e	40.0a	1.1c	3.0a	22.9c	52.7a	2.7b	1.5a
Crimson clover	24.5d	45.2a	0.7c	2.8a	19.7d	50.1a	2.8b	1.3a
Barley	44.9b	40.7a	2.2b	1.6a	52.5b	40.0b	3.8b	0.5a
Rye	56.5a	46.2a	4.7b	0.2b	74.2a	66.1a	3.6b	0.0b
Oats	28.6d	38.9a	1.3c	3.0a	50.4b	61.8a	2.7b	0.3a
Rattail fescue	36.0c	44.4a	3.1b	1.3a	29.8c	44.0b	2.1b	1.5a

[†]BBRH, Broadcasting Before Rice Harvesting; [‡]PTS, partial tillage seeding; [§]Weed, Foxtail.

*The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

화분과인 호밀과 보리는 C/N율이 높아서 투입 시 질소기아현상에 유의해야 될 것으로 사료되었다 (Mohanty et al., 2011). 화분과 이지만 귀리의 입모중 파종에서 C/N율이 낮은 것은 귀리의 생육이 맥류 중에서 가장 늦고 (Ju et al., 2009) 입모중 파종으로 복토를 하지 않아서 생육이 저조한 것에 원인 있는 것으로 생각되었다. 잡초인 독새풀의 C/N율이 헤어리베치구에서 낮은 것은 헤어리베치가 우점함에 따라서 생육이 저조하고 연약한 것에 원인이 있는 것으로 추정되었다. 녹비의 질소 생산성은 후작 벼 재배에 중요한 요인이다. 벼 재배 시 필요한 질소사용량은 9~11 kg 10a⁻¹이다 (NIAS, 2006). 헤어리베치 재배구에서만 벼 재배에 충분한 질소가 생산되었고 그 외에는 10a 당 5 kg 이하가 생산되었다. 자운영의 경우 1.1~ 2.7 kg 10a⁻¹가 생산되어 중부지역에서 재배는 가능하나 벼 재배 시 화학비료를 대체 할만한 충분한 질소를 생산하지 못하였다.

답리작에서 녹비작물의 이용 목적은 벼 재배에 이용하는 것이다. 녹비작물의 파종 방법에 따른 녹비작물별 이앙 후 14일과 42일경의 토양 중 암모니아태질소와 벼의 초장과 경수를 조사하였다 (Table 4). 이앙 후 14일에는 벼 입모중과 부분경은 파종에서 투입된 녹비작물들간의 토양 암모니아태질소의 함량은 질소생산량이 높았던 헤어리베치를 제외하고 유의적 차이가 없었으나 화분과가 두과보다 낮은 경향을 보였다. 초장과 경수는 생육초기 단계로 인하여

전 처리간 유의적 차이가 없었다. 이앙 후 42일경에는 헤어리베치 투입구에서 암모니아태질소 함량이 관행시비보다 유의적으로 높았고 그 외 상황은 이앙 후 14일과 유사한 경향을 보였으나 자운영과 호밀 투입구에서 초장이 작고 경수가 적었다. 이는 자운영은 질소 생산성이 적고 호밀 등 화분과는 생산성이 충분하지 못할 뿐만 아니라 C/N율이 높은 것에 원인이 있는 것으로 생각되었다.

Table 5는 녹비작물 및 재배유형에 따른 벼 수량 및 수량구성요소를 나타낸 것이다. 헤어리베치를 제외하고는 모두 녹비작물 환원구에서 관행보다 유의적으로 쌀수량이 낮았다. 전체적으로 이삭수는 화분과가 두과보다 적은 경향이었고 특히 화분과 중에서는 호밀의 입모중 파종구가 보리보다 낮은 경향을 나타내었다. 이는 호밀의 줄기에 리그닌의 함량이 높기 때문에 탄질률 (C/N)이 높아서 질소 부동화현상으로 수량이 낮은 것으로 생각된다 (Table 2; Mohanty et al., 2011). 입모중에서는 화분과인 보리와 들묵새가 두과인 자운영과 크림손클로버보다 수량이 높았다. 부분경은 파종은 헤어리베치를 제외하고는 두과와 화분과의 유의적 수량차이가 없었다. 따라서 중부지역에서 두과인 자운영과 크림손클로버 이용 시 입모중과 부분경은 모두 관행보다 유의적으로 수량이 적었지만 복토가 되는 부분경은 등의 조파를 이용하는 것이 벳짚으로 피복되는 입모중 파종보다 유리할 것으로 판단되었다.

Table 4. The NH₄-N in soil and plant height and tiller number of rice plant by different seeding methods of green manure crops.

Seeding methods	Green manure crops	14 DAT [†] (19th June)			42 DAT (17th July)		
		Plant		Soil	Plant		Soil
		Plant height	Tiller	NH ₄ -N	Plant height	Tiller	NH ₄ -N
BBRH [‡]	Hairy vetch	24.1a	5.7a	25.9a	67.2a	16.8a	16.2a
	Chinese milk vetch	17.0a	4.8a	12.0b	62.2b	13.0b	3.8b
	Crimson clover	17.7a	5.9a	11.2b	58.0b	15.7ab	4.9b
	Barley	21.6a	5.6a	15.2b	66.3a	17.4a	3.0b
	Rye	16.1a	5.1a	13.0b	64.4a	14.3b	3.4b
	Oats	17.7a	5.5a	14.4b	59.9b	15.2ab	3.4b
	Rattail fescue	20.2a	7.0a	10.3b	58.7b	13.2b	5.4b
	Conventional fertilization	22.1a	6.2a	37.7a	66.2a	17.0a	4.4b
PTS [‡]	Hairy vetch	23.4a	5.5a	34.9b	70.6a	21.7a	19.3a
	Chinese milk vetch	16.3a	8.4a	16.7c	62.7b	16.6b	4.1b
	Crimson clover	16.2a	7.5a	12.9c	63.4b	18.9a	4.4b
	Barley	19.1a	6.4a	14.1c	63.1b	16.7b	5.1b
	Rye	18.7a	6.8a	12.4c	61.6b	16.4b	3.8b
	Oats	16.8a	6.1a	11.9c	63.3b	14.9b	5.5b
	Rattail fescue	18.7a	5.2a	11.9c	62.2b	16.1b	6.0b
	Conventional fertilization	17.8a	5.6a	43.6a	71.9a	20.6a	7.5b

[†]DAT, Days after transplanting; [‡]BBRH, Broadcasting Before Rice Harvesting; [‡]PTS, Partial Tillage Seeding.

*The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

Table 5. Rice yield and yield components by different seeding methods of green manure crops.

	Treatment	Panicle	Spikelets	1,000-grain weight	Ripened grain	Milled rice
		No. hill ⁻¹	No. panicle ⁻¹	Brown rice, g	%	kg 10a ⁻¹
BBRH [†]	Hairy vetch	15.3a	109.0a	21.5a	88.8a	545a
	Chinese milk vetch	11.6b	82.6b	22.4a	92.5a	388c
	Crimson clover	13.5b	79.9b	22.7a	91.7a	357c
	Barley	14.1a	84.4b	22.2a	91.5a	437b
	Rye	11.8b	84.1b	22.3a	91.1a	393c
	Oats	12.2b	83.8b	22.2a	92.0a	364c
	Rattail fescue	11.7b	90.5b	22.8a	89.2a	426b
	Conventional fertilization	16.2a	87.2b	22.5a	88.5a	531a
PTS [‡]	Hairy vetch	18.7a	86.8a	21.2a	88.9a	551a
	Chinese milk vetch	15.2ab	80.1a	23.9a	84.8a	447b
	Crimson clover	14.0b	66.6b	21.2a	87.9a	464b
	Barley	13.7b	77.7a	23.8a	79.9a	421b
	Rye	13.7b	74.9b	22.3a	85.9a	415b
	Oats	13.9b	90.0a	22.7a	89.6a	460b
	Rattail fescue	14.7ab	83.7a	22.2a	87.7a	453b
	Conventional fertilization	16.8a	82.2a	21.2a	85.2a	552a

[†]BBRH, Broadcasting Before Rice Harvesting; [‡]PTS, Partial Tillage Seeding.

*The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

요 약

중부지역에서 파종방법에 따른 녹비작물들의 biomass, 질소 생산성 및 벼 이용 효과를 구명하기 위하여 국립식량과학원 벼 연구포장 (신흥동)에서 2007년 10월부터 2008년 10월까지 수행하였다. 녹비작물 파종은 벼 수확전 입모중 파종과 벼 수확 후 부분경운 파종으로 구분하였다. 시험에 사용된 녹비작물은 두과는 헤어리베치, 자운영, 크림손클로버 3종과 보리, 호밀, 귀리, 들묵새 화본과 4종을 재배하였다. 입모중 파종은 두과는 수확 2주전, 화본과는 1주일 전에 파종하였다. 벼 수확 후 부분경운 파종은 두과와 화본과 모두 벼 수확 익일에 파종하였다. 10a 당 파종량은 입모중 및 부분경운파종 모두 헤어리베치는 9 kg, 자운영과 크림손클로버는 3 kg를 파종하였고 벼과는 보리, 호밀, 귀리는 15 kg, 들묵새는 3 kg을 파종하였다. 녹비작물들의 환원은 2008년 5월 15일에 트랙터로 로터리 경운을 하였다. 벼 품종은 품미벼로 2008년 6월 5일에 중묘기계 이앙하였다. 두과 녹비작물 중에서는 헤어리베치의 생초중이 10a 당 2,418~2,826 kg, 건물중이 507~692 kg으로 가장 높았고 입모중보다 부분경운파종이 좋았다. 화본과 녹비작물 중에서는 호밀의 생초중이 10a 당 1,187~1,296 kg, 건물중 562 kg으로 가장 높았고 파종방법 간에 유의적 차이가 없었다. 헤어리베치와 호밀의 두 파종

방법 모두에서 독새풀인 잡초의 발생은 가장 적었다. 호밀과 헤어리베치를 제외하고는 biomass가 적었고 잡초인 독새풀의 발생이 많았다. C/N율은 헤어리베치가 14.1로 낮았고 호밀이 56.5~74.2로 높았고 파종방법 간에는 차이가 없었다. 녹비작물 환원 후 벼 재배 중 토양 암모니아태 질소의 함량은 이앙 후 14일과 42일 모두 헤어리베치 투입구에서 관행시비구보다 유의적으로 높거나 차이가 없었다. 쌀 수량도 헤어리베치 투입구에서 관행시비와 유의적으로 차이가 없어서 중부지역에 답리작에서 적합한 녹비작물은 헤어리베치가 가장 우수하였고 그 효과는 부분경운 파종이 입모중 파종보다 높았다. 호밀은 생육이 빠르고 biomass은 약간 많으나 C/N율이 높아서 쌀수량이 낮았다. 그 외 두과인 크림손클로버, 자운영과 화본과인 보리, 들묵새는 biomass 및 N 생산성이 적어서 중부지역에서 벼 재배 시 화학비료를 대체하기에는 부적합하였다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 작물시험연구개발사업 (과제번호 : 200803I01010399)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌

- Asagi N. and Hideto U. 2009. Nitrogen dynamics in paddy soil applied with various ¹⁵N-labelled green manures. *Plant Soil* 322:251-262.
- Ashraf, M., T. Mahmood, F. Azam, and R.M. Qureshi. 2004. Comparative effects of applying leguminous and non-leguminous green manures and inorganic N on biomass yield and nitrogen uptake in flooded rice (*Oryza sativa* L.). *Biol Fertil Soil* 40:147-152.
- Azam, F. 1990. Comparative effects of organic and inorganic nitrogen sources applied to a flooded soil on rice yield and availability of N. *Plant Soils*. 125:255-262.
- Clark, A. 2007. *Managing cover crops profitably* (third edition). Sustainable agriculture network. MD, USA.
- FACT (Foundation of Agri. Tech. Commercialization & Transfer). 2011. *The Guidebook of Agro-green Technologies*. Sammi. Suwon. pp. 193-213.
- Hartwig, N.L. and H.U. Ammon. 2002. Cover crop and living mulches. *Weed Sci.* 50:688-699.
- Jeon, W.T., B.S Choi, S.A.M. Abd El-Azeem, and Y.S. Ok. 2011. Effect of different seeding methods on green manure biomass, soil properties and rice yield in rice-based cropping systems. *African Journal of Biotechnology* 10(11):2024-2031.
- Jeon, W.T., M.T. Kim, K.Y. Seong, J.K. Lee, I.S. Oh, and S.T. Park. 2008. Changes of soil properties and temperature by green manure under rice-based cropping system. *Korean J. Crop Sci.*, 53(4):413~416.
- Ju, J.I. H.G. Choi, Y.S. Gang, J.J. Lee, K.H Park, and H.B. Lee. 2009. Changes of growth and forage yield at different cutting dates among five winter cereals for whole crop silage in middle region. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 29(2):111-120.
- Kim, S.Y., S.H Oh, K.J. Choi, S.T. Park, J.I. Kim, U.S. Yeo, and H.W. Kang. 2009. Growth, rice yield and edible quality of rice under naturally reseeded Chinese milk vetch cropping system. *Korean J. Crop Sci.* 54(4):351-356.
- Lee, H. J. 1983, *The history of Korea agricultural technology*. V. Production technology of forage and green manure crops. Jungminsua. Suwon Korea pp. 433-459.
- Mohanty, M., K. Sammi Reddy, M.E. Probert, R.C. Dalal, A. Subba Rao, and N.W. Menzies. 2011. Modelling N mineralization from green manure and farmyard manure from a laboratory incubation study. *Ecological Modelling* 222:719-26.
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2006. *Fertilizer recommendation for each crop in soil testing*. NIAST. Suwon. Korea.
- NIAST (National institute of Agricultural Science and Technology). 2000. *Methods of analysis of soil and plant*, NIAST, Suwon, Korea.
- RDA (Rural Development Administration). 2003. *Standard methods for agricultural experiments*. Rural Development Administration, Suwon, Korea.