한국토양비료학회지 44권 2호
Korean J. Soil Sci. Fert. Vol. 44, No. 2, 181-186 (2011)

보문

녹비작물 헤어리베치가 벼 생육 및 관개량 절약에 미치는 효과

전원태* · 허승오[1] · 성기영 · 오인석 · 김민태 · 강위금

농촌진흥청 국립식량과학원, [1]농촌진흥청 연구정책국

Effect of Green Manure Hairy vetch on Rice Growth and Saving of Irrigation Water

Weon-Tai Jeon*, Seung-Oh Hur[1], Ki-Yeong Seong, In-Seok Oh, Min-Tae Kim, and Ui-Gum Kang

National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Republic of Korea
[1]Research Policy Bureau, RDA, Suwon 441-707, Republic of Korea

Green manure crops are primarily used to reduce the application of chemical fertilizers. In this study, a two-year field experiment was conducted to evaluate the effects of green manure hairy vetch on rice growth and saving of irrigation water. This experiment was conducted at Sinheung series (fine loamy, mixed, nonacid, mesic family of Fluvaquentic Endoaquepts) from 2008 to 2009 at the National Institute of Crop Science (NICS), RDA, Suwon, Gyeonggi province, Korea. Hairy vetch as a green manure crop was incorporated in soil for rice cultivation. Chemical fertilizers had not been applied to hairy vetch plot. Treatments included once irrigation (OI) per week and conventional irrigation (CI). In 2008, the water use efficiency of OI increased by 46% compared to CI by hairy vetch application during rice cultivation season (water treatments were started 38 days after rice transplanting). In 2009, the water use efficiency of OI increased by 61.3% compared to CI by hairy vetch application during rice cultivation season (water treatments were started 30 days after rice transplanting). Soil physical properties such as bulk density, soil porosity ratio and glomalin contents were improved by the incorporation of hairy vetch. The rice yield of OI water management was not significantly different from those of CI water management by hairy vetch application both years. These results suggest that the OI water management with hairy vetch incorporated in soil for rice cultivation can be used in rice fields to reduce the amount of irrigation water and chemical fertilizer.

Key words: Green manure, Hairy vetch, Irrigation water, Rice, Paddy

서 언

최근 언론으로부터 전 지구적으로 사막화, 폭설, 한파, 지진, 해일, 가뭄 등의 기상이변에 관한 보도를 자주 듣고 있다. 이러한 기후변화와 더불어 산업화 및 인구증가로 물 부족은 앞으로 더 심각해 질 것이다. 논벼는 담수상태에서 재배되기 때문에 물 소요량이 많다. 우리나라 벼 재배 시 관개 용수량은 ha 당 9,000~14,000 mm (9,000~14,000 톤 ha^{-1}) 내외로 많이 소모되고 있어 이를 절약할 기술 개발이 절실하다 (Park and Lee, 2004). 외국에서는 벼 재배 시 간단관개 (alternate wetting), 연속토양포화 (continuous soil saturation), 호기성 품종 이용 등 여러 가지 물 절약 재배방법이 연구 (Zhang et al., 2008; Bouman and Toung, 2001; Bouman et al., 2006)되고 있다. 중국에서는 1990년대에 플라스틱 필름 이용 mulching 기술을 물 절약 차원에서 연구 (Li et al., 2007)를 수행한 바가 있다. 국내에서는 농촌진흥청 시험연구기관 (Park et al., 1999)에서 벼 재배 시 물 절약에 대한 연구를 수행한바가 있으나 녹비작물을 이용하여 물 절약을 시도한 연구는 미미한 실정이다. 녹비작물이란 푸를 때 베어서 토양에 넣어 주는 두과 (콩과), 화본과 등의 작물을 말한다 (Park et al., 2008). 이들 녹비작물은 토양의 이화학성 및 미생물상의 증진 등으로 토양의 건전성 회복 및 농업생태계 지속 유지에 중요한 작물이다 (Sarrantonio and Gallandt, 2003; Jeon et al., 2008). 특히 이러한 녹비작물을 토양에 환원 시 물리성이 개선되어 물 절약 효과가 있을 것이라는 가설 하에 본 시험을 수행하게 되었다. 따라서 본 시험은 논토양에서 녹비작물 헤어리베치 투입 (환원) 시 물 관리 방법에 따른 물 절약 기술을 개발하고자 수행하였다.

접수 : 2011. 3. 17 수리 : 2011. 4. 15
*연락저자 : Phone: +82312906783
E-mail: jeon0550@rda.go.kr

재료 및 방법

시험포장 위치 및 토양 본 연구는 녹비작물 헤어리베치-벼 윤작체계에서 벼 재배 시 관개 용수량을 절약하기 위하여 경기도 수원시에 소재한 농촌진흥청 국립식량과학원 벼 시험 포장에서 2008년부터 2009년까지 수행하였다. 시험포장의 토양은 신흥통 (미사질양토, 모래 33.6, 미사 51.1, 점토 15.3%)에서 수행하였고 시험전 토양의 화학성은 Table 1과 같다. 관행시비구와 헤어리베치 재배구간의 토양 화학성은 큰 차이가 없었으나 유기물과 인산 및 칼리의 함량이 헤어리베치 재배구에서 약간 낮은 경향을 보였다. 두 구 모두 유효인산의 함량이 적정치보다 낮았다.

녹비작물 재배 및 분석 시험에 사용된 녹비작물은 헤어리베치 (*Vicia villosa*)로 중국서 수입한 H-1을 이용하였다. 파종은 2007년과 2008년 10월 부분경운파종기를 이용하였다 (Jeon et al., 2008; Jeon et al., 2010). 파종량은 ha 당 90 kg으로 하였다. 헤어리베치 재배구는 화학비료를 전혀 사용하지 않고 재배하였다. 헤어리베치의 건물중은 1 m × 1 m 면적의 지상부를 예취하여 비닐하우스에서 충분히 풍건 후 건조기 60℃에서 24시간 건조 후 칭량하여 환산하였다. 식물체 중의 질소와 탄소는 CNS2000 (Leco, USA)를 이용하여 분석하였다. 벼 재배에 사용된 헤어리베치의 건물중은 2008년은 2,690 kg ha^{-1}, 2009년은 3,840 kg ha^{-1} 이었고, ha 당 질소 생산량은 2008년은 91 kg, 2009년은 108 kg이었다. 녹비 투입시기는 2008년은 5월 14일, 2009년은 5월 15일에 로터리 경운으로 환원하였다.

벼 재배 및 생육, 수량조사 벼 품종은 윤작체계상 녹비작물 헤어리베치의 이용이 용이한 숙기가 다소 빠른 중생종인 풍미벼를 이용하였다. 파종은 플라스틱 산파육묘상자 (30 × 60 × 3 cm)에 마른 종자 기준 130 g을 소독, 침종, 최아 후 파종하였다. 유묘는 25일간 육묘하여 2008년은 6월 2일, 2009년은 6월 4일에 기계 이앙하였다. 벼 재배 시 관행 시비구는 ha 당 질소 - 인산 - 칼리를 각각 90 - 45 - 57 kg을 시용하였고 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 물 관리 기간 중인 유수형성기와 유숙기에 초장과 경수를 조사하였다.

물관리 처리 및 강수량 물관리 처리내용은 관행시비구 (화학비료)와 헤어리베치환원구 내에 주 1회 관개와 관행 물관리로 나누어 시험을 수행하였다. 관행물관리구의 관개 횟수는 주 2~3회로 하였다. 물 소요량은 Fig. 1과 같이 처리구 입구에 디지털 계량기를 설치하여 측정하였다. 2008년은 이앙 후 38일부터 계측을 시작하였고 2009년은 이앙 후 30일부터 계측을 시작하였다 (Fig. 1). 주 1회 관개 시 물절약 효과를 구명하고자 다음과 같이 물절약 효율을 산출하였다.

물절약 효율 = {1-(처리구의 관개량/관행물관리구의 관개량)}*100

토양 분석 토양시료는 표토 0~10 cm 깊이에서 3반

Table 1. Chemical properties of test soils before experiment.

Item	pH	N	OM	Avail. P_2O_5	Exch. Cation		
					K	Ca	Mg
	1:5	%	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	---------- $cmol_c$ kg^{-1} ----------		
Chemical fertilization	5.33	0.23	40.3	92	0.26	5.03	1.51
Hairy vetch cultivation	5.44	0.22	39.4	76	0.20	4.61	0.96

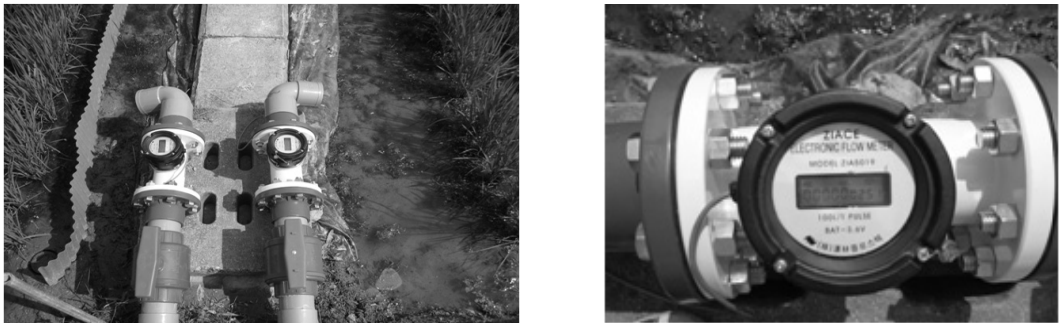

Fig. 1. Digital meter for measuring the amount of irrigation water.

복으로 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 초자전극법 (720P, iSTEK, USA) 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) 사용하여 분석하였다. 용적밀도와 공극률은 교란되지 않는 부분에서 100 cm^3 코어를 이용하여 채취 후 즉시 밀봉하여 실험실로 운반 후 습토의 무게를 칭량한 후 110℃ 건조기에 48시간 이상 건조한 다음 건토의 무게를 측정하였다. 내수성입단과 Glomalin 분석은 Jeon 등 (2010)의 방법에 준하였다.

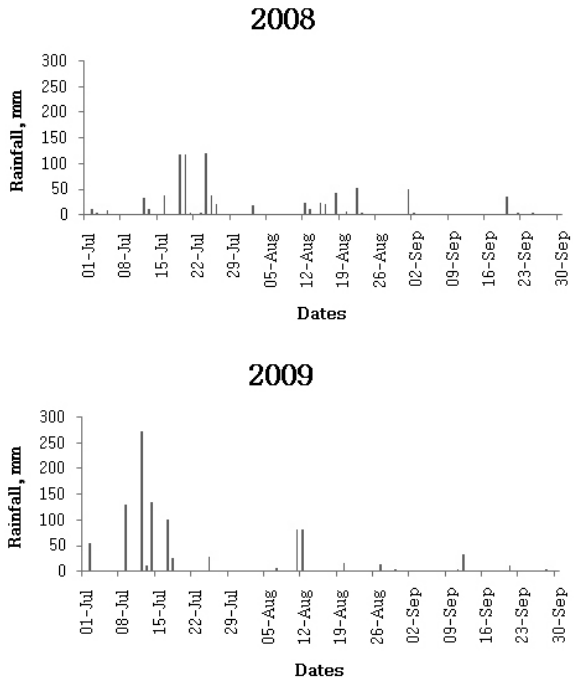

Fig. 2. Rainfall distribution during rice growing season in 2008 and 2009.

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

결과 및 고찰

녹비작물 헤어리베치를 이용하여 벼 재배 시 물 관리 방법에 따른 유수형성기와 유숙기의 초장과 경수의 연도별 생육상황을 나타낸 것이 Table 2이다. 2년 모두 벼 초장과 경수가 헤어리베치 투입구에 크고 많은 경향이었고 관행시비구의 주 1회 관개구에서 유의적으로 초장이 작고 경수가 저조하였다. 본 시험에 환원된 헤어리베치의 생초중이 2008년에는 21,000 kg ha^{-1}, 2009년에는 생초중이 26,280 kg ha^{-1}이었다. 건물중은 2008년에 2,690 kg ha^{-1} 이었고, 2009년에 3,840 kg ha^{-1}로 벼 재배에 충분한 것으로 생각되며 이는 헤어리베치의 생초중이 ha 당 20 ton 만 생산된다면 우리나라 벼 재배에 충분하다는 결과에 바탕을 두었다 (Kim et al, 2002). 관행시비구의 주1회관개구보다 헤어리베치 투입구의 주1회관개구에서 생육이 양호한 것은 화학비료 투입구보다 헤어리베치 투입구에서 물 절약 상태일 때 무기태질소의 휘산이 적은 것에 기인되는 것으로 추정되었다. 앞으로 절수 재배 시 녹비작물 환원구의 질소수지 (Nitrogen balance) 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

2년간 헤어리베치 투입구와 관행시비구를 주1회관개구와 주 2~3회 관개가 되는 관행 물관리 시 관개량을 조사한 것이 Table 3이다. 2008년 연구에서는 관행시비구의

Table 2. Plant height and tiller number of rice by different irrigation management after hairy vetch incorporation in 2008 and 2009.

Year	Treatment	Irrigation Management	Panicle formation stage		Milking stage	
			Plant height	Tiller	Plant height	Tiller
			cm	no. $hill^{-1}$	cm	no. $hill^{-1}$
2008	Chemical fertilization	Convention	74.2b†	23.2b	96.1ab	17.1b
		once/7 days	73.0b	24.1b	93.3b	17.2b
	Hairy vetch	Convention	80.3a	26.0ab	99.0a	21.1a
		once/7 days	75.0ab	28.1a	90.3b	19.3ab
2009	Chemical fertilization	Convention	76.6a	19.6a	97.5a	18.8a
		once/7 days	70.9b	15.2b	95.3ab	12.9b
	Hairy vetch	Convention	75.6a	18.3a	93.1b	16.4ab
		once/7 days	75.8a	17.7a	92.2b	15.6ab

†Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to Duncan's multiple range test.

Table 3. Amount of irrigation water applied in different treatments of management after hairy vetch incorporation during rice growth season in 2008 and 2009.

Year	Treatment	Irrigation Management	Duration	Irrigation water
				-------- mm --------
2008	Chemical fertilization	Convention	From 8th July to 9th Sep.	285.7
		once/7 days	From 8th July to 9th Sep.	202.4
	Hairy vetch	Convention	From 8th July to 9th Sep.	366.2
		once/7 days	From 8th July to 9th Sep.	154.4
2009	Chemical fertilization	Convention	From 2nd July to 31th Aug.	360.0
		once/7 days	From 2nd July to 31th Aug.	163.2
	Hairy vetch	Convention	From 2nd July to 31th Aug.	533.4
		once/7 days	From 2nd July to 31th Aug.	139.2

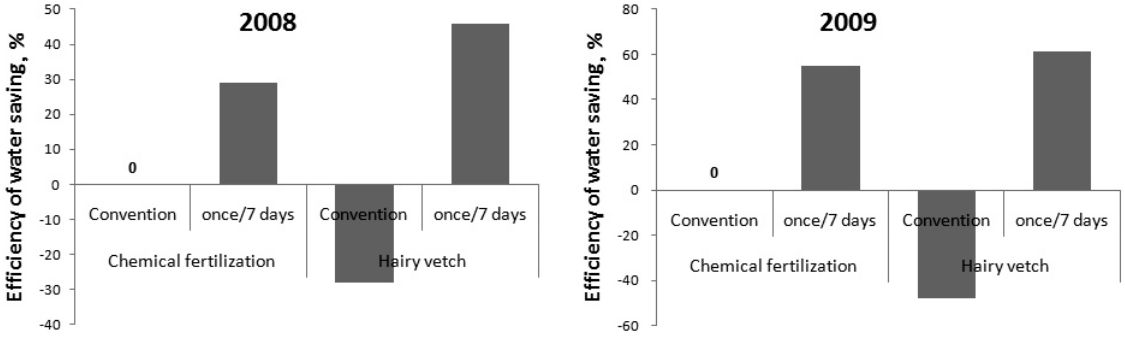

Fig. 3. Efficiency of irrigation water applied by different treatments of management after hairy vetch incorporation during rice growing season in 2008 and 2009.

관행물관리구 (285.7 mm)에 비하여 헤어리베치 투입구의 주1회관개구 (154.4 mm)가 46.0% 절감 되었고, 2009년에는 관행시비구의 관행물관리구 (360.0 mm)에 비하여 헤어리베치 투입구의 주1회관개구 (139.2 mm)로 61.3% 절감되었다 (Fig. 3). 헤어리베치 투입구의 주 1회 관개구가 관개량이 절감되는 것은 헤어리베치 투입으로 토양물리성이 개선되어서 (Table 5, Fig. 4) 보수력이 증대된 것에 원인이 있는 것으로 사료되었다. 그러나 헤어리베치 투입 시에도 관행 물관리를 하면 2008년 28.2%, 2009년 48.2%의 관개량이 더 많이 소요는 것을 알 수 있었다. 이는 헤어리베치 같은 녹비작물이 투입되면 투수량이 많아지고 투수속도가 빨라지기 때문인 것으로 사료되었다 (Jeon et al., 2008; Jeon et al., 2010: Bronick and Lai, 2005). 2008년보다 2009년의 관개량이 많은 것은 2008년의 물관리는 이앙 후 38일부터 시작하였고 2009년에는 이앙 후 30일부터 시작된데 원인이 있다. 또한 2009년은 8월의 강수량이 적어서 (Fig. 1) 관개량이 많았을 것으로 추정되었다.

Table 4는 헤어리베치 투입 후 물 관리방법에 따른 벼 수량 및 수량구성요소이다. 2008년은 관행시비구의 관행물관리구 (17.3 hill^{-1})에 비하여 헤어리베치 투입구 주1회 관개구 (20.0 hill^{-1})와 관행물관리구 (19.5 hill^{-1})의 이삭수가 많았으나 헤어리베치 투입구의 관행물관리구는 포장도복으로 등숙비율이 낮아졌고 주1회물관리구는 수당립수가 적어서 관행시비구의 쌀수량 (5219 kg ha^{-1})과 유의적 차이가 없었다. 관행시비구의 주1회물관리구에서 수당립수가 적어졌으나 관행물관리구와 쌀수량의 차이는 없었다. 2009년에는 관행시비구의 관행물관리구 이삭수 (18.6 hill^{-1})와 헤어리베치 투입구의 이삭수가 적어지는 경향이었으나 유의적 차이는 없었다. 그러나 관행시비구의 주1회 관개구는 유의적으로 이삭수가 적었다. 수당립수는 처리들 간에 유의적 차이는 없었다. 등숙비율은 이삭수가 적은 관행시비구의 주1회관개구가 높았고 헤어리베치 투입구의 주1회관개구에서 관행시비구의 관행물관리구보다 높은 경향을 보였다. 쌀수량은 관행시비구의 관행물관리구 (4997 kg ha^{-1})에 비하여 헤어리베치구의 관행물관리구 (5124 kg ha^{-1})와 주 1회 물관리 (5224 kg ha^{-1})와 유의적 차이가 없었다. 또한 물 절약뿐만 아니라 헤어리베치를 벼 재배 시 이용함으로써 화학비료를 전혀 사용하지 않아도 쌀수량이 관행시비와 차이가 없음을 알 수가 있었다. 이는 이미 수행하였던 연구들 (Jeon et al., 2008; Jeon et al., 2010; Kim et al., 2002)과 유사한 결과를 얻었다.

헤어리베치 투입 후 주 1회 관개 시 2008년 46.0%, 2009년 61.3% 절감 되었으나 수량은 관행시비구의 관행물관리구와 차이가 없었다. 이는 토양의 물리성이 개선된 것으로

Table 4. Rice yield and yield components by different treatments of management after hairy vetch incorporation in 2008 and 2009.

Year	Treatment	Irrigation Management	Panicle	Spikelet	Ripened grain	Milled rice	Field lodging
			No. hill^{-1}	No. panicle^{-1}	%	kg ha^{-1}	0-9
2008	Chemical fertilization	Convention	17.3b†	87.2a	82.9a	5219a	0
		once/7 days	17.6b	77.6b	82.0a	5078a	0
	Hairy vetch	Convention	20.0a	84.0a	78.5b	4930a	5
		once/7 days	19.5a	76.5b	85.3a	5170a	1
2009	Chemical fertilization	Convention	18.6a	85.9a	83.2b	4997a	0
		once/7 days	13.8b	82.8a	90.8a	4556b	0
	Hairy vetch	Convention	15.3a	88.2a	83.3b	5125a	0
		once/7 days	16.0a	86.8a	86.8ab	5224a	0

†Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to Duncan's multiple range test.

Table 5. Soil physical properties by different treatments of management after rice harvesting in 2008 and 2009 (soil depth 0-10 ㎝).

Year	Treatment	Irrigation Management	Porosity	Bulk density	Water stable aggregates
			%	Mg m^{-3}	%, >250 ㎛
2008	Chemical fertilization	Convention	57.3	1.13	33.1
		once/7 days	56.8	1.15	36.1
	Hairy vetch	Convention	59.9	1.07	45.1
		once/7 days	60.1	1.06	44.6
2009	Chemical fertilization	Convention	56.3	1.15	34.2
		once/7 days	56.2	1.18	36.9
	Hairy vetch	Convention	59.5	1.05	47.5
		once/7 days	60.0	1.06	45.5

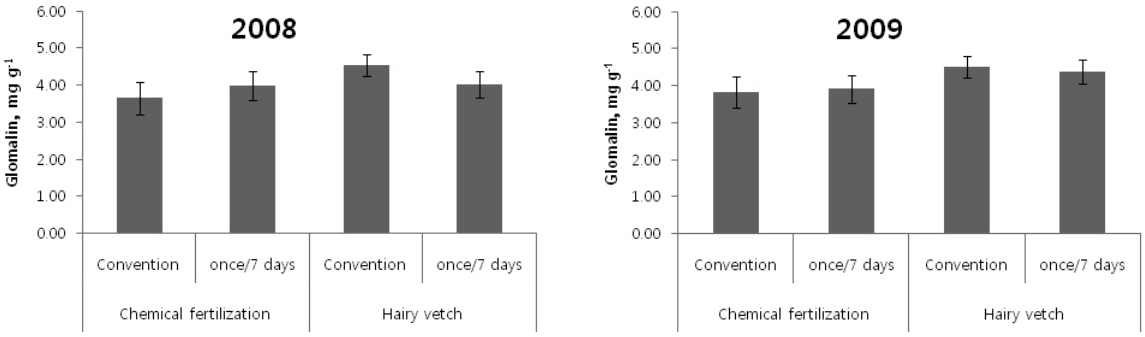

Fig. 4. The changes in glomalin concentration by different water managements after rice harvesting (0-10 cm) in 2008 and 2009.

추정이 되어서 헤어리베치 투입 후 물 관리방법에 따른 시험 후 토양물리성 변화를 나타낸 것이 Table 5이다. 2년간 모두 관행시비구의 공극률 56.2~57.3%에 비하여 헤어리베치 투입구에서 59.5~60.1%로 증대되었고 용적밀도도 공극률과 동일한 경향으로 감소되어 토양의 물리성이 개선되었다. 또한 내수성 입단화율도 관행시비구의 33.1~36.1%에 비하여 45.1~47.5%로 증대되었다. 녹비작물 헤어리베치가 투입되면 토양물리성의 개선됨을 알 수 있다. 이럴 경우 관행 물관리를 하면 관개용수량의 소요량이 많아지지만 절수 재배를 하면 관개용수가 절약됨을 알 수 있었다. 따라서 헤어리베치와 같은 녹비작물을 단기간 투입하여도 토양의 물리성이 개선되는 지를 파악하기 위하여 glomalin을 분석하였다 (Fig. 4). Jeon et al. (2010)에 따르면 미국의 Wright and Upadhyaya (1996)가 최초로 glomalin이라는 물

질을 동정한 이래 glomalin은 토양입단화를 촉진하고 토양탄소 축적과 깊은 관련 있는 것으로 밝혀졌다 (Rillig et al., 2007; Clark, 2007). 본 시험에서는 헤어리베치 투입 후 토양의 물리성 변화 정도를 구명하기 위하여 glomalin을 분석하였다. 2개년 간 모든 헤어리베치 투입구에서 glomalin의 함량이 화학비료 투입구에 비하여 높음을 알 수 있다. 이의 결과는 Jeon et al. (2010)의 결과와 유사하였다.

따라서 헤어리베치 투입 후 주 1회만 관개하여도 토양물리성이 개선으로 보수력이 증대되어 벼 수량의 감수 없이 절수 재배가 가능할 것으로 사료되었다. 그러나 본 시험은 이앙 후 30~38일부터 관개량을 산정하였기 때문에 벼 생육초기의 물 소요량이 산정되지 않았다. 따라서 헤어리베치 투입 시 전 벼 생육기간 동안 관개 용수량 산정을 위한 정밀한 연구가 추후 필요할 것으로 생각되었다.

요 약

녹비작물 헤어리베치를 이용하여 벼 재배 시 물 절약 기술을 개발하고자 2008년부터 2009년까지 경기도 수원시에 소재한 농촌진흥청 국립식량과학원 벼 시험포장 신흥통에서 수행하였다. 물관리 처리 내용은 관행시비구와 헤어리베치 투입구 내에 관행물관리구 (주 2~3회)와 주1회관개구를 설치하여 벼 이앙 후 30~38일부터 관개량, 벼 생육, 수량 및 수량구성요소, 토양물리성 변화를 조사하였다. 벼 유수형성기와 유숙기의 생육은 2년 모두 헤어리베치 투입구의 주1회 관개구가 관행시비구의 주1회관개구보다 양호하게 경과하였다. 관개량은 관행시비구의 관행물관리구에 비하여 헤어리베치 투입구의 주1회관개구가 2008년은 46.0%, 2009년 61.3%로 절감되었다. 벼 수량 및 수량구성요소도 2개년 모두 관행시비구의 물관리에 비하여 헤어리베치 투입구의 주1회 관개구와 유의적 차이가 없었다. 또한 헤어리베치 투입구에서 벼 수확 후 토양의 용적밀도가 감소하고 공극률이 증대하였다. 물리성 개선의 지표물질인 glomalin의 함량도 헤어리베치 투입구에서 증가하는 경향을 보였다. 따라서 헤어리베치 투입 후 주 1회만 관개하여도 토양물리성이 개선되고 보수력이 증대되어 벼 수량의 감수 없이 절수 재배가 가능하여 벼 재배 시 물 절약이 가능할 것으로 사료되었다.

인 용 문 헌

Bouman, B.A.M. and T.P. Toung, 2001. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. Agric. Water Manage. 49:11-30.

Bouman, B.A.M., X.G. Yang, H.Q. Wang, Z.M. Wang, J.F. Zhao, and B. Chen. 2006. Performance of aerobic rice varieties under irrigated condition in North China. Field Crops Res. 97:53-65.

Bronick, C.J. and R, Lai. 2005. Soil structure and management: a review. Geoderma 124:3-22.

Clark, A. 2007. Managing cover crops profitably (third edition). Sustainable agriculture network. MD, USA.

Jeon, W.T., K.Y. Seong, M.T. Kim, G.J. Oh, I.S. Oh, and U.G. Kang. 2010. Changes of soil physical properties by glomalin concentration and rice yield using different green manure crops in paddy. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(2): 119-123.

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.

Kim, C.G., J.H. Seo, H.S. Cho, S.H. Cho, and S.J. Kim. 2002. Effect of hairy vetch as green manure on rice cultivation. Korean J. Soil Sci. 35(3):169-174.

Li, Y.S., L.H. Wu, L.M. Zhao, X.H. Lu, Q.L. Fan, and F.S. Zhang. 2007. Influence of continuos plastic film mulching on yield, water use efficiency and soil properties of rice fields under non-flooding condition. Soil & Tillage Research 93:370-378.

NIAST (National institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Methods of analysis of soil and plant, NIAST, Suwon, Korea.

Park, H.K., W.Y. Choi, S.Y. Kang, Y.D. Kim, and W.Y. Choi. 1999. Effects of soil moisture at different growth stage on growth, yield and quality in rice. Korean J. Crop Sci. 44(2):143-148.

Park, S.J. and J.H. Lee. 2004. Main food crop science. Korea National Open University. pp. 203-206.

Park, S.T., W.T. Jeon, M.T. Kim, K.Y. Sung, J.H. Ku, I.S. Oh, B.K. Lee, Y.H. Yoon, J.K. Lee, K.H. Lee, and J.H. Yu. 2008. Understanding of environmental friendly agriculture and rice production using green manure crops. RDA, NICS. Sammi. Suwon. pp. 20-21.

RDA. 2003. Standard methods for agricultural experiments. Rural Development Administration, Suwon, Korea.

Rillig, M.C., B.A. Caldwell, H.A.B. WőNsten, and P. Sollins. 2007. Role of proteins in soil carbon and nitrogen storage: controls on persistence. Biogeochemistry 85:25-44.

Sarrantonio, M. and F. Gallandt. 2003. The role of cover crops in North American cropping systems. J. Crop Prod. 8:53-74.

Wright, S.F. and A. Upadhyaya. 1996. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Sci. 161:575-586.

Zhang, Z., S. Zhang, J. Yang, and J. Zhang. 2008. Yield, grain quality and water use efficiency of rice under non-flooded mulching cultivation. Field Crops Research 108: 71-81.