

Research Article

Open Access

돈분액비를 시용한 녹비보리 및 헤어리베치의 혼입시기가 벼 수량에 미치는 영향

강세원,^{1†} 서동철,^{1†} 이상규,¹ 서영진,¹ 박주왕,¹ 유진희,² 김민태,² 강항원,² 허종수,³ 조주식^{1*}

¹순천대학교 생물환경학과, ²농촌진흥청 국립식량과학원,

³경상대학교 응용생명과학부(BK21 농업생명산업 글로벌 인재 육성 사업단) & 농업생명과학원

Effect of Incorporation Times of Green Barley and Hairy Vetch on Rice Yield in Paddy Soil with Liquid Pig Manure

Se-Won Kang,^{1†} Dong-Cheol Seo,^{1†} Sang-Gyu Lee,¹ Young-Jin Seo,¹ Ju-Wang Park,¹ Jin-Hee Ryu,² Min-Tae Kim,² Hang-Won Kang,² Jong-Soo Heo³ and Ju-Sik Cho^{1*} (¹Department of Bio-Environmental Sciences, Suncheon National University, ²National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, ³Division of Applied Life Science(BK21 program) & Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University)

Received: 1 October 2013 / Revised: 7 October 2013 / Accepted: 14 October 2013

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: Soil incorporation of green manure crop(GMC) and liquid pig manure(LPM) is one of the methods for reduction of chemical fertilizer and the increase of crop yield. The objective of this study was to select optimal incorporation time of GMCs on growth and nutrient property in paddy soil treated LPM.

METHODS AND RESULTS: The kinds of GMCs were *Hordeum vulgare* L.(green barley, GB) and *Vicia villosa* roth(hairy vetch, HV). The effects of GMCs on rice yield were investigated under different incorporation times of GMCs(LPM1: at 25 days before rice transplantation, LPM2: at 18 days before rice transplantation, LPM3: at 11 days before rice transplantation). In GB treatments, the biomass was greater in the order of LPM3 ≥ LPM2 ≥ LPM1. Contents of N, P and K ranged 1.21 ~ 1.28, 0.36 ~

0.38 and 1.41 ~ 1.45%, respectively, regardless of incorporation times. The amounts of nutrient supply in GB treatments were higher in LPM1 than those in other treatment conditions. In GB treatments, rice yields in LPM1, LPM2 and LPM3 were 523, 525 and 526(increasing yield 3% than control) kg/10a, respectively. In HV treatments, the amounts of nutrient supply were higher in the order of LPM3 ≥ LPM2 ≥ LPM1. Rice yields were 530 kg/10a for LPM1, 531 kg/10a for LPM2, 535 (increasing yield 5% than control) kg/10a for LPM3 in HV treatments, respectively.

CONCLUSION(s): The optimum incorporation time of green barley and hairy vetch was at 11 days before rice transplantation(LPM3) in paddy soil with liquid pig manure.

Key words: Biomass, Green manure crop, Incorporation time, Nutrient supply, Rice yield

[†] 공동 제1저자

*교신저자(corresponding author),

Phone: +82-61-750-3297; Fax: +82-61-752-8011;

E-mail: chojs@suncheon.ac.kr

서론

우리나라는 1970년대 이전까지는 녹비 및 퇴비 등이 대부분 화학비료대용으로 사용되어 왔지만, 국가의 비료 자급률이 100%를 달성하는 1970년대 초반에는 녹비작물의 재배가 거의 보고되지 않았다(Kim *et al.*, 2004; Jeon *et al.*, 2009).

하지만 최근 환경부하를 최소화한 친환경농업이 증가하고 안전농산물에 대한 관심이 증대되면서 소비자들은 화학비료와 농약의 사용을 배제한 유기농업을 선호하고 있다. 이에 따라 농가에서는 녹비작물과 가축분뇨를 이용하여 생태계의 건전성을 유지하면서 외국산과 차별화된 친환경 농산물을 생산하고 있으며, 연구자들은 토양의 적정 양분관리와 작물의 수량 증대를 위해 다양한 측면에서 연구를 진행하고 있다(Jeon *et al.*, 2009; Kang *et al.*, 2011; Lim *et al.*, 2011).

녹비작물은 식물이 푸를 때 토양에 환원하여 이용하는 동계작물로 비료성분이 풍부하고 경작지에서 직접 재배하여 이용이 가능하다. 녹비작물을 재배하여 토양에 환원하면 화학비료절감, 지력증진 및 토양유실경감 등의 역할을 수행하고, 생물다양성 유지 및 작물수량 증대 수단으로 이용성이 확대되고 있다(Jeon *et al.*, 2009; Cho *et al.*, 2011). 또한 후작물에 대한 질소공급원으로 활용이 가능하고 토양 건정성 개선 효과를 갖는 것으로 알려져 있어 녹비작물의 재배면적은 늘어나고 있다(Anonymous, 1991; Thorup-Kristensen, 1994; Thorup-Kristensen and Bertelsen, 1996).

본 시험에 사용된 녹비보리는 겨울철 월동률이 높고 녹색경관이 우수한 품종으로, 봄 및 겨울철 토양내 질산태질소의 유실을 방지하며 토양물리성 개선과 토양 환원 후 빠른 분해속도 및 양분 공급효과를 가지고 있고(Yang *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2011), 헤어리베치는 자운영과 함께 답리작에 이용되는 대표적인 녹비작물로 근류균에 의해 후작물에 질소를 고정하여 공급하고 피복력이 우수한 두과 녹비작물로 알려져 있다(Yasue, 1991; Power and Zachariassen, 1993; Ryoo, 2008; Ku *et al.*, 2012).

많은 연구자들에 의해 녹비작물을 비료로 이용하기 위한 파종량, 파종시기 및 재배방법 등의 다양한 연구가 진행되어 왔지만, 후작물의 수량 증대를 위한 녹비작물의 혼입시기에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구는 녹비작물의 토양 혼입시기가 벼의 생육에 미치는 영향을 조사하기 위해 벼 재배지에서 돈분액비를 사용하여 녹비작물을 재배하였고, 재배 후 녹비작물의 토양 혼입시기를 각각 달리한 후 벼의 수량 및 수량구성요소를 조사하였다.

재료 및 방법

공시 재료

본 시험은 경상남도 거창군 신원면 과정리에 위치한 벼 재배지에서 2011년 10월부터 2012년 9월까지 수행하였다. 공

시토양은 돈분액비를 사용하기 전에 채취하였으며, 화학적 특성은 Table 1에서 보는 바와 같이 pH는 5.98로 약산성토양이었으며, 유기물의 함량은 23.3 g/kg이었고, 질소의 함량은 1.36 g/kg이었다. 공시 돈분액비의 질소 함량은 2.70 g/kg이었으며, 질소 외에 인산 및 칼리 등의 기타 무기성분을 함유하고 있었다(Table 2). 벼-녹비작물 윤작재배에 사용된 녹비작물은 녹비보리(*Hordeum vulgare* L.)와 헤어리베치(*Vicia villosa* Roth)를 사용하였고, 벼 종자는 윤광벼를 사용하였다.

Table 1. Chemical properties of experimental soil used

pH	EC	OM	T-N	Avail. P ₂ O ₅	Exch. cation		
					K	Ca	Mg
5.98	0.15	23.3	1.36	40.13	0.10	3.18	3.38

Table 2. Chemical properties of liquid pig manure used in the study

pH	EC	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	dS/m	mg/kg			-----	
8.99	15.43	2,700	666	1,794	400	50

실험방법

녹비작물의 토양 혼입시기가 벼 수량에 미치는 영향을 조사하기 위해 2011년 10월 11일에 돈분액비를 사용하였으며, 돈분액비를 사용한 처리구에 녹비보리 및 헤어리베치를 각각 14 및 9 kg/10a으로 파종하였다. 이후 2012년 5월 31일에 벼 이앙을 하였으며, 2012년 9월 19일에 벼를 수확하였다.

본 시험을 하기 위한 처리조건은 표준처리구(N-P₂O₅-K₂O = 9-4.5-5.7 kg/10a)와 녹비보리 및 헤어리베치의 토양 혼입시기를 달리한 처리구를 두었다. 돈분액비 처리는 액비 중의 질소함량을 계산하고 벼에 대한 질소 시비량 9 kg/10a을 액비량으로 환산하여 100%의 돈분액비를 기비로 사용하였다. 녹비보리 및 헤어리베치의 토양 혼입은 5월 6일(벼 이앙 25일전, LPM1), 5월 13일(벼 이앙 18일전, LPM2) 및 5월 20일(벼 이앙 11일전, LPM3)에 각각 실시하였다.

녹비보리 및 헤어리베치의 biomass와 T-N, T-P 및 K₂O의 함량은 토양으로의 혼입직전에 각각 조사하였다. 벼의 시기별 초장은 6월 28일(분얼기), 7월 18일(유수형성기), 8월 21일(출수기) 및 9월 19일(수확기)에 조사하였고, 벼의 수량 및 수량구성요소는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA, 2003)에 준하여 혼입시기별 처리구에서 수확한 벼를 대상으로 각각 조사하였다.

분석방법

본 시험에 사용된 돈분액비의 분석은 농촌진흥청에서 고시한 비료의 품질검사방법 및 시료채취기준을 참고하였고, 토양 및 식물체의 화학적 특성은 농촌진흥청의 토양 및 식물체

분석법(NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다.

돈분액비의 pH 및 EC는 pH meter 및 EC meter(S230 Mettler Toledo)를 사용하였으며, 돈분액비의 무기성분은 습식분해법($H_2SO_4 + HClO_4$)으로 전처리하여 Kjeldahl법(질소자동분석기, Gerhardt autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)으로 T-N을 분석하였고, P_2O_5 는 Vanadate법(UV2550PC, Pekinlmer)으로 분석하였으며, K_2O , CaO 및 MgO의 함량은 ICP(ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 분석하였다.

토양의 pH 및 EC는 pH meter 및 EC meter(S230 Mettler Toledo)를 사용하였으며, T-N 분석은 Kjeldahl법(질소자동분석기, Gerhardt autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)을 사용하였고, 유효인산 분석은 Lancaster 법(UV2550PC, Pekinlmer)을 사용하였다. 유기물 분석은 Tyurin법으로 하였고, 치환성 양이온은 $1N-NH_4OAc$ 용액으로 침출한 후 ICP(ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 분석하였다.

식물체는 습식분해법($H_2SO_4 + HClO_4$)으로 전처리하여 T-N은 Kjeldahl법(질소자동분석기, Gerhardt autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)으로 분석하였고, T-P는 Vanadate법(UV2550PC, Pekinlmer)으로 분석하였으며, K_2O 는 ICP(ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 분석하였다.

통계 분석방법

녹비작물의 토양 혼입시기에 따른 벼의 수량 및 수량구성 요소의 통계분석은 SPSS 19 버전을 사용하여 벼의 수량 및 수량구성요소 결과를 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test를 수행하였다.

결과 및 고찰

녹비작물의 생육 및 무기성분 특성

녹비보리 및 헤어리베치의 토양 혼입시기에 따른 biomass와 T-N, T-P 및 K_2O 의 함량을 조사한 결과는 Table 3에서

보는 바와 같다.

녹비보리의 biomass는 $LPM3 \geq LPM2 \geq LPM1$ 처리구순으로 녹비보리의 토양 혼입이 늦을수록 biomass가 높은 경향이였다. Kim 등(2011)은 녹비보리의 환원시기를 출수기, 출수 후 10일 및 출수 후 20일로 나누어 녹비보리의 생체량과 건물 중량을 조사한 결과 출수 후 20일 처리구에서 각각 2,280 및 473 kg/10a으로 가장 많았다고 보고한 바 있다. 이와 같은 결과는 본 연구 결과와 유사한 경향으로 녹비보리의 토양 혼입이 가장 늦은 LPM3 처리구에서 biomass가 699 g/m²으로 가장 많았으며, 이는 토양 혼입이 늦을수록 녹비보리의 생육이 진행되어 biomass가 증가한 것으로 판단된다. 또한 Yang 등(2009)은 녹비보리의 T-C 함량을 조사한 결과 녹비보리 출수 후 10일 처리구가 출수기 처리구에 비해 T-C 함량이 약 6% 정도 높다고 보고한 바 있다. 이는 녹비보리의 biomass 증가로 인해 T-C 함량이 증가한 것으로 판단되었으며 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 녹비보리의 T-N 함량은 biomass와 반대 경향으로 LPM1 처리구에서 1.28%, LPM2 처리구에서 1.25% 및 LPM3 처리구에서 1.21%로 녹비보리의 토양 혼입이 빠를수록 T-N의 함량이 높은 경향이였다. 이와 같은 결과는 녹비보리의 질소 함량은 생육후기로 갈수록 식물체가 목질화 됨에 따라 질소의 함량이 감소한 것으로 판단되었으며, Kim 등(2011)의 연구에서도 녹비보리의 질소 함량은 생육후기에 급격히 낮아졌다고 보고한 바 있다. 토양 혼입시기에 따른 녹비보리의 T-P 및 K_2O 의 함량은 다소 차이는 있지만 전반적으로 녹비보리의 토양 혼입시기가 늦을수록 낮아지는 경향이였다. 본 연구와 직접적인 비교는 힘들지만 녹비작물의 파종시기에 따른 무기성분의 함량을 조사한 Lim 등(2011)의 연구에서는 파종시기가 늦을수록 녹비작물의 무기성분 함량이 높았다고 보고한 바 있는데, 이는 녹비작물의 파종이 빠른 처리구가 늦은 처리구에 비해 생육이 더 진행되어 무기성분의 함량이 어느 정도 희석된 것에 기인한 것이라고 하였다. 본 연구에서도 녹비보리의 생육이 더 진행된 처리구에서 무기성분 함량이 전반적으로 낮아지는 결과를 보였다.

Table 3. Biomass and mineral element contents of green manure crops under different incorporation times

Green manure crop	Treatment*	Biomass	T-N	T-P	K_2O
		g/m ²	%		
Green barley	LPM1	676±36.1b**	1.28±0.03a	0.38±0.03ab	1.45±0.07a
	LPM2	688±45.1b	1.25±0.05a	0.36±0.06a	1.44±0.08a
	LPM3	699±20.6b	1.21±0.04a	0.36±0.05a	1.41±0.10a
Hairy vetch	LPM1	408±39.6a	4.16±0.22c	0.47±0.03c	2.40±0.11b
	LPM2	428±16.9a	4.18±0.09c	0.46±0.03bc	2.37±0.13b
	LPM3	459±22.9a	3.96±0.08b	0.43±0.05abc	2.32±0.16b

*LPM1: at 25 days before rice transplantation, LPM2: at 18 days before rice transplantation, LPM3: at 11 days before rice transplantation

**Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to Duncan's Multiple Range Test.

헤어리베치의 biomass는 녹비보리와 비슷한 경향으로 토양의 혼입이 가장 늦은 LPM3 처리구에서 459 g/m²으로 가장 많았다(Kim *et al.*, 2011). 헤어리베치의 T-N 함량은 LPM1, LPM2 및 LPM3 처리구에서 3.96~4.18% 범위로 토양 혼입시기에 상관없이 비슷하게 조사되었지만 전반적으로 생육후기로 갈수록 T-N의 함량이 낮아지는 경향이였다. Jeon 등(2009)의 연구에 의하면 헤어리베치의 T-N 함량은 생육초기에 가장 높은 4.55%에서 토양 혼입 전에 3.19%로 시기가 지남에 따라 T-N의 함량이 낮아지는 경향과 유사하였다. 헤어리베치의 토양 혼입시기별 T-P 및 K₂O의 함량은 각각 0.43~0.47 및 2.32~2.40% 범위로 토양 혼입시기가 늦을수록 낮아지는 경향이였으나 그 차이는 미미하였다. 파종시기에 따른 녹비작물의 K₂O 함량을 조사한 Lim 등(2011)은 파종시기가 늦을수록 K₂O의 함량이 증가한다고 보고하였다. 이는 생육이 진행될수록 K₂O의 함량이 감소되는 것으로 미루어 볼 때 본 연구와 유사한 경향을 보였지만, 조사시기가 달라 직접적인 비교는 어려웠다.

녹비작물의 토양 혼입시기별 양분공급량

녹비보리 및 헤어리베치의 biomass와 T-N, T-P 및 K₂O의 함량을 이용하여 토양 혼입시기에 따른 양분공급량을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다.

녹비보리의 질소 공급량은 LPM1 처리구에서 8.68 kg/10a, LPM2 처리구에서 8.64 kg/10a 및 LPM3 처리구에서 8.43 kg/10a으로 토양 혼입이 빠를수록 미미하게 높아지는 경향이였다. 녹비보리의 인 공급량은 토양 혼입시기에 상관없이 5.64~5.92 kg/10a 범위이였으며 표준시비량에 비해 많았다. 이와 같은 결과는 돈분액비 시용으로 인해 녹비보리의 biomass가 증가하여 인 공급량이 많아진 것으로 판단되었다. 녹비보리의 칼륨 공급량은 인 공급량과 비슷한 경향으로 조사되었으며, LPM1, LPM2 및 LPM3 처리구에서 각각 9.84, 9.93 및 9.88 kg/10a으로 표준시비량에 비해 약 1.7배 이상 많은 양이 토양으로 공급되었다. 본 연구와 달리 녹비보리의 혼입시기(출수기, 출수 후 10일 및 출수 후 20일)에 따른 질소, 인 및 칼륨의 공급량을 조사한 Kim 등(2011)의 연구에서는 녹비보리의 혼입시기가 출수 후 10일 처리구에서 질소, 인 및 칼륨의 공급량이 가장 많은 것으로 보고된 바 있다. 본 연구에서는 Kim 등(2011)의 시험보다 녹비보리의 생육이 더 진행된 후에 토양에 혼입하여 다른 결과가 나타난 것으로 판단된다.

헤어리베치의 질소 공급량은 LPM3 ≥ LPM2 ≥ LPM1 처리구순으로 토양으로의 혼입이 늦을수록 질소 공급량이 많아지는 경향이였으며, LPM3 처리구에서 10a당 18.19 kg이 토양에 공급되었다. 시기별 헤어리베치의 질소 공급량을 조사한 Jeon 등(2009)의 연구결과에서는 11월 13일에 3.9 kg/10a에서 이듬해 5월 28일에 20.9 kg/10a으로 증가하였으며, 전반적으로 헤어리베치의 biomass가 증가함에 따라 질소 공급량이 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 본 연구와 유사한 경향으로 헤어리베치의 biomass가 가장 많았던 처리구

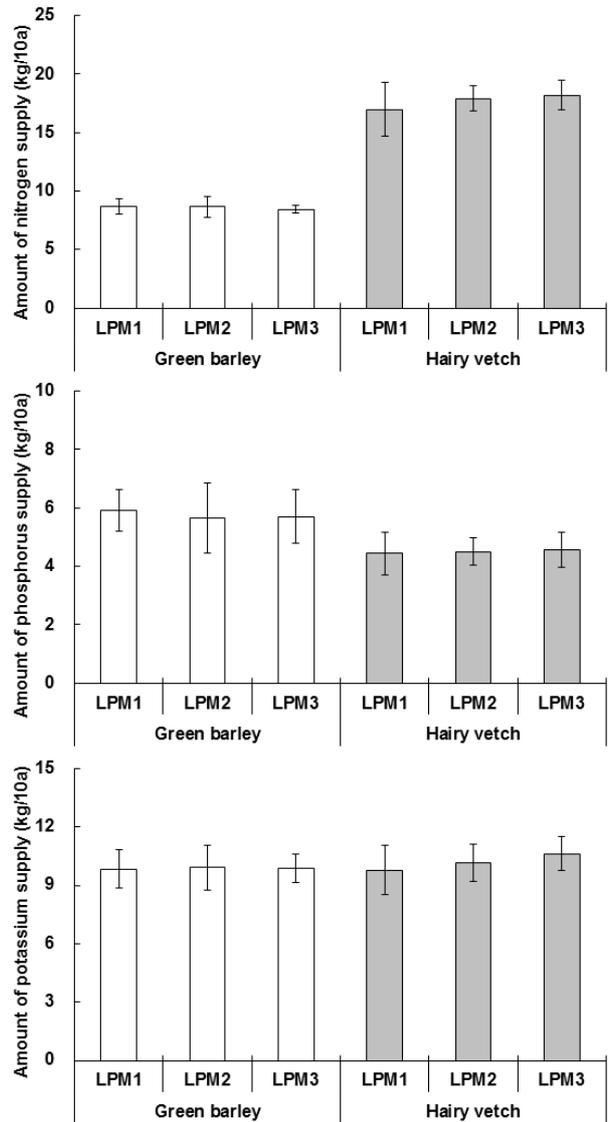


Fig. 1. Characteristics of amounts of N, P₂O₅ and K₂O supply. LPM1: at 25 days before rice transplantation, LPM2: at 18 days before rice transplantation, LPM3: at 11 days before rice transplantation.

에서 질소 공급량이 가장 많았다. 또한 헤어리베치 처리구에서 공급된 질소의 양은 표준시비량에 비해 약 2배 이상 많은 질소가 토양으로 공급되었는데, 이는 돈분액비의 시용으로 인한 biomass의 증가와 질소의 함량이 약 4% 이상으로 매우 높았기 때문이었다(Lee *et al.*, 2012). 인 공급량은 토양 혼입시기에 상관없이 4.43~4.55 kg/10a 범위로 녹비보리에 비해 인 공급량이 약간 적었지만 표준시비량인 4.50 kg/10a과 비슷하게 토양에 공급되었다. 헤어리베치의 칼륨 공급량은 질소 공급량과 유사한 경향으로 토양 혼입시기가 늦을수록 칼륨의 공급량이 많아지는 경향이였다. 칼륨 공급량은 LPM3 처리구에서 10a당 10.63 kg으로 가장 많았으며, 표준시비량에 대해서도 약 2배가량 많았다. Lim 등(2011)은 헤어리베치

의 과중시기가 빠른 처리구에서 토양에 환원되는 칼륨의 양이 많아진다고 보고하였다. 이는 빠른 과중시기로 인해 헤어리베치의 생육이 다른 처리구에 비해 더욱 증가하여 토양에 환원되는 칼륨의 양이 많아진 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 본 연구와 유사한 경향으로 헤어리베치의 생육기간이 길수록 토양에 환원되는 칼륨의 양이 많아졌다.

벼의 초장, 수량 및 수량구성요소

본 시험에서 녹비작물의 종류와 토양 혼입시기에 따른 시용효과를 알아보기 위해 시기별 벼의 초장을 조사한 결과는 Fig. 2와 같고, 벼의 수량구성요소 및 수량을 조사한 결과는 Table 4 및 Fig. 3에서 보는 바와 같다.

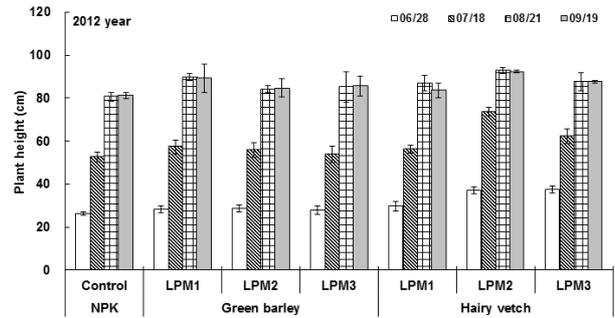


Fig. 2. Height of rice plant with different treatment. LPM1: at 25 days before rice transplantation, LPM2: at 18 days before rice transplantation, LPM3: at 11 days before rice transplantation.

Table 4. Yield components of rice plant with different treatment

	Treatment*	Culm length	Panicle length	No. panicle per hill	No. grain per panicle	1,000 grain
		----- cm -----				g
NPK	Control	62.1a**	19.2a	9.7ab	101a	21.3a
	LPM1	65.3ab	20.3a	11.0bcd	102a	22.5ab
	LPM2	65.7ab	19.0a	9.6ab	104a	23.4abc
Green barley	LPM2	65.7ab	19.0a	9.6ab	104a	23.4abc
	LPM3	69.0ab	20.3a	9.0a	105a	23.5abc
	LPM1	68.3ab	19.3a	11.6d	104a	23.9bc
Hairy vetch	LPM1	68.3ab	19.3a	11.6d	104a	23.9bc
	LPM2	71.3b	21.0a	11.2cd	105a	24.4bc
	LPM3	64.0ab	19.7a	10.0abc	107a	25.3c

*LPM1: at 25 days before rice transplantation, LPM2: at 18 days before rice transplantation, LPM3: at 11 days before rice transplantation

**Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to Duncan's Multiple Range Test.

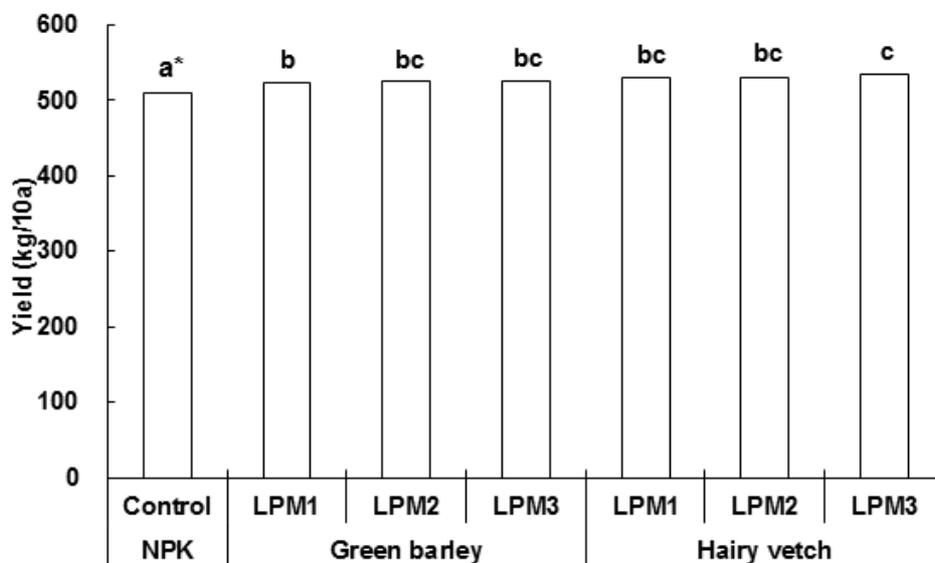


Fig. 3. Yield of rice plant with different treatment. LPM1: at 25 days before rice transplantation, LPM2: at 18 days before rice transplantation, LPM3: at 11 days before rice transplantation; *Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to Duncan's Multiple Range Test.

녹비보리 및 헤어리베치를 혼입한 처리구에서 조사된 벼의 초장은 녹비작물의 혼입시기에 상관없이 control 처리구에 비해 벼의 초장이 길었다. 녹비보리 혼입 처리구에서 벼의 초장은 벼가 생육하는 전 기간동안 전반적으로 녹비보리의 혼입이 빠른 처리구에서 초장이 길어지는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 녹비보리의 환원시기에 따른 벼의 생육 특성을 보고한 Kim 등(2011)은 분얼기에 조사된 벼의 초장의 경우 녹비보리의 혼입이 가장 빠른 처리구에서 가장 길었다고 보고한 연구결과와 유사한 경향이었지만, 나머지 시기에서는 본 연구결과와 반대 경향으로 조사되었다. 헤어리베치 혼입 처리구에서 벼의 초장은 특별한 경향 없이 LPM2 처리구에서 벼의 초장이 가장 길었다.

녹비보리 처리구에서 벼의 간장은 control 처리구에 비해 모든 처리구에서 증가하였다. LPM1, LPM2 및 LPM3 처리구에서 벼의 간장은 각각 65.3, 65.7 및 69.0 cm로 녹비보리의 토양 혼입시기에 늦을수록 간장이 증가하였지만 처리구간 유의성은 없었다. 수장의 경우 처리구에 상관없이 19.0~20.3 cm 범위로 큰 차이 없이 조사되었으며, 이삭수는 녹비보리의 토양 혼입이 빠를수록 많아지는 유의성을 보였다. 녹비보리 처리구에서 총립수와 천립중은 녹비보리의 토양 혼입이 늦을수록 많아지는 경향을 보였지만 처리구간 유의성은 없었다 (Table 4). 벼의 수량도 다른 수량구성요소와 유사한 경향으로 녹비보리의 토양 혼입이 늦을수록 벼의 수량은 LPM1 처리구에서 523 kg/10a, LPM2 처리구에서 525 kg/10a 및 LPM3 처리구에서 526 kg/10a로 많아지는 경향을 보였으며, 녹비보리 혼입 처리구가 표준시비구에 비해 2~3%의 증수효과를 나타내었다(Fig. 3). 녹비보리의 환원시기별 벼의 수량을 조사한 Kim 등(2011)의 연구에서는 출수 후 10일 처리구에서 벼의 수량이 가장 많았다고 조사하였는데, 본 연구에서는 토양 혼입이 가장 늦은 처리구에서 벼의 수량이 가장 많았다. 이는 녹비보리의 토양 혼입이 늦을수록 녹비보리의 분해가 다른 처리구에 비해 느리게 진행되어 벼를 수확할 때까지 양분이 충분히 공급된 것으로 판단된다. 또한, Kim 등(2011)은 녹비보리 혼입 처리구에서 생산된 벼의 수량이 표준시비구에 비해 낮았다고 보고한 바 있다. 하지만 본 연구에서는 녹비보리 재배에 돈분액비를 사용하여 양분의 공급이 풍부하게 투입되어 표준시비구에 비해 벼의 생산량이 많았던 것으로 판단된다. Cho 등(2011)의 연구에서도 녹비보리를 토양에 투입하여 벼의 생산량을 조사한 결과 표준시비구에 비해 증가하였으며, 녹비보리와 같은 화분과 작물인 라이스라스를 토양에 혼입하여 벼 생산량을 조사한 Kang 등(2011)의 연구에서도 control 처리구에 비해 벼의 생산량이 높게 조사되었다고 보고한 바 있다.

헤어리베치 처리구에서 벼의 간장은 처리구에 상관없이 64.0~71.3 cm로 control 처리구에 비해 증가하였지만 토양 혼입시기에 따른 유의성이 없었으며, 수장도 간장과 비슷한 경향이였다. 이삭수의 경우에는 녹비보리 처리구와 유사한 경향으로 LPM1 처리구에서 11.6으로 가장 많았다. 총립수는 헤어리베치의 토양 혼입이 늦을수록 많아지는 경향이였지만

녹비보리 처리구와 마찬가지로 처리구간 유의성은 없었다. 천립중은 LPM1, LPM2 및 LPM3 처리구에서 각각 23.9, 24.4 및 25.3 g으로 헤어리베치의 토양 혼입시기에 늦은 처리구일수록 천립중이 많아지는 유의성을 보였다(Table 4). 헤어리베치 처리구에서 벼의 수량은 LPM1 처리구에서 530 kg/10a, LPM2 처리구에서 531 kg/10a 및 LPM3 535 kg/10a으로 헤어리베치의 토양 혼입시기에 늦어질수록 벼의 수량이 증가하였으며, 녹비보리 처리구와 유사한 경향을 보였다. 헤어리베치 처리구에서 조사된 벼의 수량은 녹비보리 처리구에 비해 많았는데, 이는 헤어리베치의 경우 높은 질소함량으로 인해 토양에 공급된 양분이 녹비보리에 비해 많았기 때문으로 판단된다(Fig. 3).

요약

본 시험은 녹비작물의 토양 혼입시기에 벼의 수량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 녹비작물을 벼 이앙 25일전, 18일전 및 11일전에 각각 혼입하였으며, 혼입시기별 녹비보리 및 헤어리베치의 biomass와 무기성분 함량 및 양분공급량을 조사하였고, 각각의 처리구에서 벼의 수량을 조사하였다. 녹비보리 및 헤어리베치의 biomass는 토양으로의 혼입이 늦어질수록 biomass는 증가하였고, T-N, T-P 및 K₂O의 함량은 점차 감소하는 경향이였지만 그 차이는 미미하였다. 녹비보리 및 헤어리베치의 N, P₂O₅ 및 K₂O의 공급량은 다소 차이는 있지만 전반적으로 5월 20일에 혼입한 LPM3 처리구에서 가장 많았다. 벼의 간장, 수장 및 이삭수는 녹비작물의 혼입시기별 처리구에 상관없이 비슷한 경향으로 control 처리구에 비해 생육이 좋았지만, 녹비작물의 토양 혼입시기에 따른 유의성은 없었다. 벼의 총립수, 천립중 및 수량은 control 처리구에 비해 녹비보리 및 헤어리베치 처리구에서 많았으며, 토양 혼입시기에 상관없이 벼의 수량은 control 처리구 대비 녹비보리 혼입 처리구에서 2~3%, 헤어리베치 혼입 처리구에서 4~5%의 증수효과를 보였다.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ008278)", Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Anonymous, 1991. Organic production of agricultural products and indications referring thereto on agricultural products and food stuffs. *Official Journal of the European Community No. L 198*, 1-15.
- Cho, H.S., Park, W.Y., Jeon, W.T., Seong, K.Y., Kim, C.G., Park, T.S., Kim, J.D., 2011. Effect of green manure

- barley and hairy vetch on soil characteristics and rice yield in paddy, *CNU Journal of Agricultural Science* 38, 703-709.
- Jeon, W.T., Seong, K.Y., Lee, J.K., Kim, M.T., Cho, H.S., 2009. Effects of seeding rate on hairy vetch (*Vicia villosa*) - rye (*Secale cereale*) mixtures for green manure production in upland soil, *Korean J. Crop Sci.* 54, 327-331.
- Kang, S.W., Seo, D.C., Han, J.H., Seo, Y.J., Lee, S.G., Choi, I.W., Jeon, W.T., Kang, U.G., Heo, J.S., Cho, J.S., 2011. Effect of mixed cultivation with green manure crops and liquid pig manure on rice growth, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44, 1095-1102.
- Kim, M.T., Ku, J.H., Jeon, W.T., Seong, K.Y., Park, C.Y., Ryu, J.H., Cho, H.S., Oh, I.S., Lee, Y.H., Lee, J.K., Park, M., Kang, U.G., 2011. Effects of barley green manure on rice growth and yield according to tillage date in spring, *Korean J. Crop Sci.* 56, 119-123.
- Kim, J.G., Lee, K.B., Lee, D.B., Lee, S.B., Na, S.Y., 2004. Influence of liquid pig manure on rice growth and nutrient movement in paddy soil under different drainage conditions, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37, 97-103.
- Ku, J.H., Kim, M.T., Son, B.Y., Lee, J.S., Kim, J.T., Hwang, J.J., Baek, S.B. Moon, J.K., Kwon, Y.U., 2012. Change of seed yield, germination rate and hard seed rate with harvest time in hairy vetch (*Vicia villosa roth*), *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 32, 157-164.
- Lee, S.G., Seo, D.C., Kang, S.W., Seo, Y.J., Choi, I.K., Jeon, W.T., Kang, U.G., Kang, H.W., Heo, J.S., Cho, J.S., 2012. Effects of application of liquid pig manure on yield of green manure in single and companion cropping, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45, 805-809.
- Lim, K.H., Choi, H.S., Kim, H.J., Kim, B.S., Kim, D.I., Kim, S.G., Kim, J.S., Kim, W.S., Lee, Y., 2011. Effects of seeding time on growth and nutrient contribution of ryegrass and hairy vetch, *J. Bio-Environment Control* 20, 134-138.
- NIAST., 2000. *Methods of soil and plant analysis*, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Power, J.F., Zachariassen, J.F., 1993. Relative nitrogen utilization by legume cover crop species at three soil temperatures, *Agron. J.* 85, 134-140.
- Rural Development Administration(RDA), 2003. Standard of analysis and survey for agricultural research. Rural Development Administration. Suwon, Korea.
- Ryoo, J.W., 2008. Growth characteristics and green manure productivities of hairy vetch and woolly pod vetch under different sowing seasons in the highland area, *KOREAN JOURNAL OF ORGANIC AGRICULTURE* 16, 409-420.
- Thorup-Kristensen, K., 1994. the effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops, *Fertilizer Research* 37, 227-234
- Thorup-Kristensen, k., Bertelsen, M., 1996. Green manure crops in organic vegetable production. in: Kristensen, N.H., Høeg-Jensen, H. (Eds), *New Research in Organic Agriculture*, Proceedings from the 11th International Scientific IFOAM Conference, Copenhagen, pp. 75-79.
- Yang, C.H., Ryu, J.H., Kim, T.K., Lee, S.B., Kim, J.D., Baek, N.H., Kim, S, Choi, W.Y., Kim, S.J., 2009. Effect of green manure crops incorporation with rice cultivation on soil fertility improvement in paddy field, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42, 371-378.
- Yasue Tasuke., 1991. The change of cultivation and utilization of chinese milk vetch(*Astragalus sinicus* L.) and the effect of fertilizer and soil fertility on paddy field as a green manure, *Jpn. J. Crop Sci.* 60, 583-592.