

Short communication

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2017.50.3.187>

pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

Effect of Incorporation Levels of Green Manure Crops on Rice Yield and Soil Chemical Properties

Se-Won Kang, Dong-Cheol Seo¹, and Ju-Sik Cho*

Department of Bio-environmental Sciences, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

¹Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

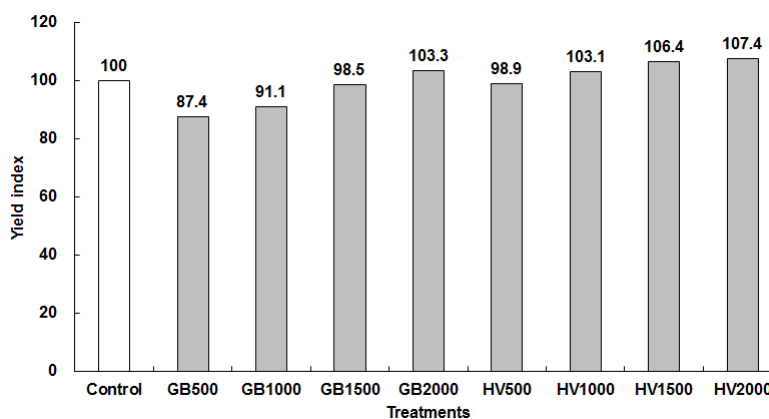
*Corresponding author: chojs@sunchon.ac.kr

ABSTRACT

Received: January 31, 2017**Revised:** April 17, 2017**Accepted:** July 3, 2017

This study was conducted to investigate rice yield and soil chemical properties affected by incorporation levels of green barley (GB) and hairy vetch (HV). The GB and HV were applied to the pots at 500, 1,000, 1,500, and 2,000 kg 10⁻¹ (GB500, GB1000, GB1500, GB2000, HV500, HV1000, HV1500, and HV2000, respectively), and inorganic fertilizer (N-P-K = 9-4.5-5.7 kg 10a⁻¹) treatment as control. After rice harvesting, chemical properties of soil such as pH, OM, T-N, and available P₂O₅ in GB and HV treated treatments were improved over those in Control treatment. The rice yield ranged from 433 to 512 kg 10a⁻¹ for GB treatments and 490 to 532 kg 10a⁻¹ for HV treatments, indicating that rice yield was affected by incorporation levels of GB and HV. The rice yields in GB2000, HV1000, HV1500 and HV2000 treatments increased by 3.3, 3.1, 6.4 and 7.4% compared with Control treatment, respectively. Therefore, minimum incorporation level of GB and HV for increasing rice yield was 2,000 kg 10a⁻¹ of GB and 1,000 kg 10a⁻¹ of HV.

Keywords: Green barley, Hairy vetch, Incorporation level, Rice yield, Soil chemical properties



Comparison of rice yield under different incorporation levels of green manure crops.



Introduction

최근 친환경 농산물에 대한 관심과 수요가 급증하여 일반 관행재배에서 무기질비료 사용을 배제한 유기농업의 중요성이 증대되고 있다 (Kang et al., 2012). 무기질비료는 농경지에 시비될 경우 작물이 쉽게 흡수할 수 있는 반면에, 축적될 경우 토양환경 및 수질환경을 오염시킬 수 있는 오염원으로 작용되고 있지만, 현재 우리나라는 OECD 국가 중에서 단위면적 당 무기질비료의 사용량이 가장 많은 국가로 분류되고 있다 (Kim et al., 2012). 이러한 측면에서 농가에서는 무기질비료의 사용량을 줄이고, 토양비옥도를 개선하기 위해 녹비작물을 많이 이용하고 있으며, 재배면적도 증가되고 있다 (Cho et al., 2012).

녹색비료라 불리는 녹비작물은 일정기간 재배 후 토양에 환원하는 방법으로 이용되고 있으며, 토양 물리성 지표인 용적밀도, 토양입단, 투수성 등이 개선되는 효과와 무기질비료 등 다른 양분의 투입 없이 후작물을 생산할 수 있는 비료적 성분을 가지고 있다 (Kim et al., 2015). 우리나라는 여러 연구자들에 의해 벼, 고추, 당근, 토마토, 배나무 및 인삼 등의 다양한 작물의 재배하고, 토양의 질적 개선을 위해 녹비작물을 활용한 연구가 꾸준히 보고되고 있다 (Kang et al., 2013; Yang et al., 2011; Kim et al., 2013; Jung et al., 2015; Lee et al., 2012; Seong et al., 2014).

녹비작물은 유기자원이기 때문에 토양에 혼입되면 탄소함량과 탄소고정 효과를 증가시킬 수 있지만, 지구온난화에 영향을 주는 메탄과 아산화질소 발생에 영향을 끼치며, 특히 논에서 벼 재배기간 동안 메탄이 급격하게 증가되는 문제점을 가지고 있다 (Cho et al., 2012). 또한, 우리나라는 녹비작물 종자를 수입에 의존하기 때문에 이에 대한 방안이 필요하다 (Kang et al., 2011). 이러한 이유로 녹비작물의 과다혼입을 방지하면서 안정적인 후작물 생산을 위한 녹비작물의 적정 혼입량이 필요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 화분과작물과 두과작물 중에서 겨울철 월동률이 높고 녹색경관이 우수한 품종인 풋겨름보리와 내한성이 강하고 월동 후 재생속도가 빠른 헤어리베치를 각각 선정하여 이들의 혼입량이 벼 생산량과 토양 화학적 특성에 미치는 영향을 평가하였으며, 향후 녹비-벼 윤작재배시 효과적인 양분관리를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

Materials and Methods

공시 재료 본 시험에 사용된 녹비작물은 경상남도 거창군 신원면 과정리 (35° 34'17"N, 127° 55'43"E)에 위치한 벼 재배지에서 2015년 10월부터 2016년 5월까지 생육한 풋겨름보리 (*Hordeum vulgare* L.)와 헤어리베치 (*Vicia villosa* Roth)를 사용하였다.

공시 토양의 화학적 특성은 Table 1에서 보는 바와 같다. 공시 토양의 pH는 6.18이었고, organic matter (OM), total nitrogen (T-N), available P₂O₅ 및 cation exchange capacity (CEC)는 각각 22.2 g kg⁻¹, 2.55 g kg⁻¹, 128 mg kg⁻¹ 및 7.02 cmol_c kg⁻¹이었으며, 벼 종자는 운광벼를 사용하였다.

Table 1. Chemical properties of experimental soil used in this study.

pH	EC	OM	T-N	Available P ₂ O ₅	Exch. cation			
					K	Ca	Mg	CEC
1:5H ₂ O	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	----- cmol _c kg ⁻¹ -----			
6.18	0.27	22.2	2.55	128	0.67	3.65	0.69	7.02

실험방법 본 시험은 순천대학교 조미채소기술센터 (C2호관)에서 1 m (length) × 1 m (width) × 0.5 m (height) 크기의 포트에서 진행되었다. 풋겨름보리 (green barley, GB)와 헤어리베치 (hairy vetch, HV)의 토양 혼입량은 각각 500, 1,000, 1,500 및 2,000 kg 10a⁻¹으로 조절하였으며 처리조건은 Table 2에서 보는 바와 같다. 관행처리구 (inorganic fertilizer)는 대조구 (Control)로 사용하였으며, 시비량은 질소비료 9 kg 10a⁻¹ (요소), 인산비료 4.5 kg 10a⁻¹ (용과린) 및 칼륨비료 5.7 kg 10a⁻¹ (염화加里)으로 각각 시비하였다.

Table 2. Treatment conditions of green manure crops.

Treatments [†]	Incorporation levels (kg 10a ⁻¹)
Control	N-P-K (9-4.5-5.7 kg)
GB500	Green barley 500 kg
GB1000	Green barley 1,000 kg
GB1500	Green barley 1,500 kg
GB2000	Green barley 2,000 kg
HV500	Hairy vetch 500 kg
HV1000	Hairy vetch 1,000 kg
HV1500	Hairy vetch 1,500 kg
HV2000	Hairy vetch 2,000 kg

[†]GB, green barley; HV, hairy vetch.

풋겨름보리 및 헤어리베치의 토양 혼입은 벼 이앙 11일전에 실시하였고, 벼 이앙은 2016년 6월 6일에 손 이앙을 실시하였으며, 벼 수확은 2016년 9월 27일에 실시하였다.

녹비작물의 양분흡수 특성은 풋겨름보리와 헤어리베치의 biomass, 그리고 T-N, T-P, K₂O, CaO 및 MgO 함량을 이용하여 단위면적 (m²) 당 양분공급량을 조사하였다. 풋겨름보리 및 헤어리베치의 토양 혼입량에 따른 벼의 수량 및 수량구성요소는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석 기준 (RDA, 2003)에 준하여 처리구별로 각각 조사하였다. 또한, 벼 수확 후 토양 특성은 벼 생육에 필요한 pH, 유기물 등의 함량을 조사하였다.

분석방법 토양 및 식물체 분석은 농촌진흥청의 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 토양의 pH 및 EC는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 희석한 후 초자전극법 (S230 Mettler Toledo)을 사용하였으며, T-N 분석은 Kjeldahl법, 유효인산 분석은 Lancaster법 (UV2550PC, Pekinmer)을 사용하였다. 유기물 분석은 Tyurin법으로 하였고, 치환성 양이온은 1N-NH₄OAc 용액으로 침출한 후 ICP (ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 분석하였다. 식물체는 습식분해법 (H₂SO₄ + HClO₄)으로 전처리하여 T-N은 Kjeldahl법으로 분석하였고, T-P는 Vanadate법 (UV2550PC, Pekinmer)으로 분석하였으며, K₂O, CaO 및 MgO 함량은 산으로 전처리 후 여액을 ICP (ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 분석하였다.

통계 분석방법 본 연구에서 도출된 모든 결과는 SPSS 21 버전을 사용하여 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test를 수행하였다.

Results and Discussion

녹비작물의 양분공급량 특성 본 연구에 사용된 풋겨름보리 및 헤어리베치의 생육특성과 무기성분 함량을 조사한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다.

토양에 혼입된 녹비작물의 초장과 biomass는 헤어리베치가 녹비보리에 비해 높게 조사되었다. 헤어리베치의 무기성분 함량은 풋겨름보리에 비해 T-N 함량을 비롯한 T-P, K₂O, CaO 및 MgO의 함량이 더 높은 것으로 조사되었다. 실험에 사용된 녹비작물의 무기성분 함량 특성은 Jung et al. (2015) 및 Kang et al. (2013)의 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

풋겨름보리와 헤어리베치의 biomass와 무기성분 함량을 이용하여 단위면적 (m²) 당 양분공급량을 산정한 결과는 Fig. 1과 같다. 풋겨름보리는 T-N, T-P, K₂O, CaO 및 MgO의 공급량이 각각 2.99, 0.50, 6.24, 0.54 및 0.28 g m⁻²으로 산정되었고, 헤어리베치의 총 양분공급량은 풋겨름보리의 2배 이상인 21.86 g m⁻²으로 산정되었다. 풋겨름보리는 두 과작물과 달리 스스로 질소를 고정하는 능력이 없기 때문에 돈분액비 등의 양분투입을 통해서 재배한 후 토양에 환원하는 것이 토양 비옥도와 후작물을 위한 양분공급원 측면에서 효과적일 것으로 판단된다 (Kang et al., 2011; Lee et al., 2012).

Table 3. Growth and inorganic components of green manure crops.

	Height	Biomass	T-N	T-P	K ₂ O	CaO	MgO
	cm	g m ⁻²	----- % -----				
Green barley	87.4 ± 0.71	279 ± 23.6	1.14 ± 0.09	0.19 ± 0.02	2.38 ± 0.11	0.21 ± 0.02	0.11 ± 0.01
Hairy vetch	103 ± 6.46	343 ± 38.5	3.13 ± 0.07	0.40 ± 0.01	3.69 ± 0.09	0.85 ± 0.02	0.28 ± 0.01

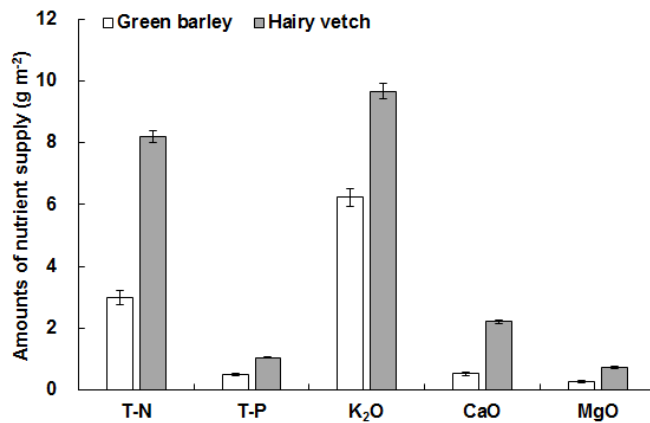
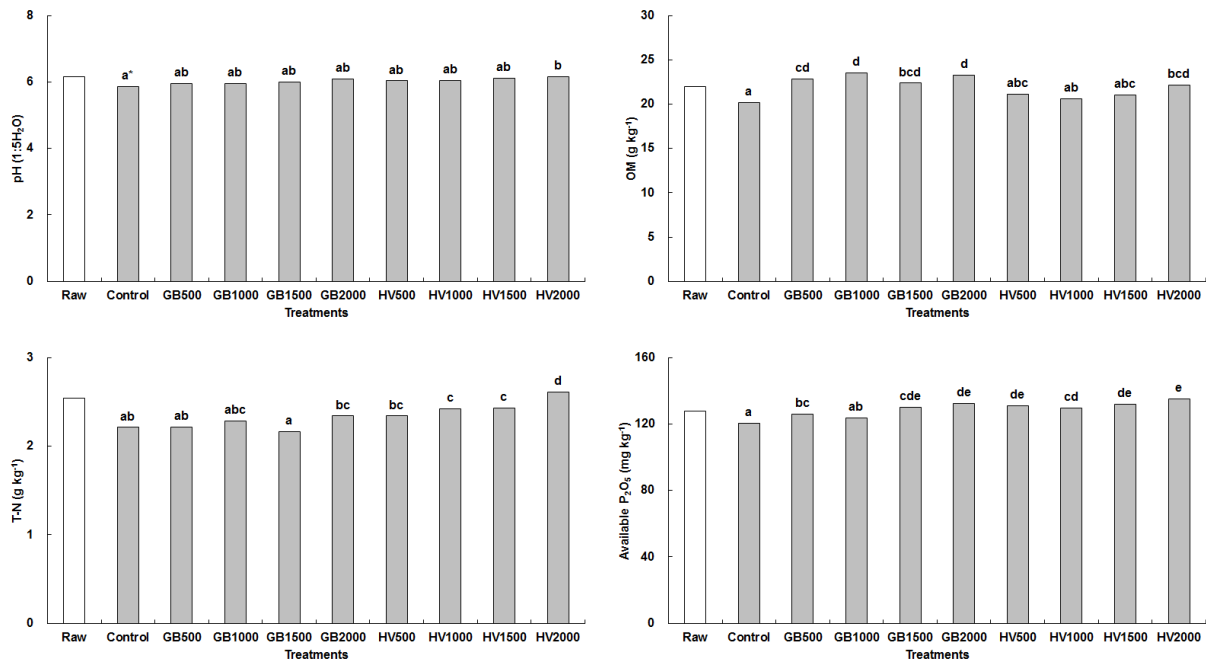


Fig. 1. Supplied amounts of nutrient of the green manure crops.

토양의 화학적 특성 풋겨름보리 및 헤어리베치의 수준별 혼입량이 토양의 pH, OM, T-N 및 available P₂O₅ 함량에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다.

벼 수확 후 토양의 pH는 녹비작물의 혼입량에 상관없이 풋겨름보리 처리구에서 5.95~6.10 범위, 헤어리베치 처리구에서 6.04~6.16 범위로 큰 차이 없이 조사되었다. 녹비작물별 토양 유기물 함량은 풋겨름보리 처리구가 Control 처리구에 비해 약 2.23~3.37 g kg⁻¹ 범위로 증가되었고, 헤어리베치 처리구는 Control 처리구에 비해 약 0.43~2.03 g kg⁻¹



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

Fig. 2. Changes of soil chemical properties with different incorporation levels of green manure crops.

범위로 증가되는 결과를 보였으며, 전반적으로 풋거름보리 및 헤어리베치의 혼입량이 증가될수록 유기물 함량이 많아지는 경향으로 조사되었다. 녹비작물과 같은 유기자원은 토양의 물리·화학·생물학적 특성과 토양 건전성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며 (Robinson et al., 1996), 윤작작부체계는 단일작부체계에 비해 토양 유기물 농도와 비옥도를 높일 수 있다고 Campbell et al. (1991)이 보고한 바 있다. 녹비작물의 토양 혼입은 토양내에서 유기물 분해에 관여하는 토양 미생물의 활성을 촉진시키는 것으로 보고되었으며 (Choi et al., 2011), 이로 인해 본 연구에서는 녹비작물의 혼입량이 토양 유기물 함량에 영향을 미친 것으로 보인다. 녹비작물 재배 후 토양에 혼입하여 후작물로 토마토와 당근을 재배한 Park et al. (2013)과 Jung et al. (2015)은 후작물 재배 후 토양의 유기물 함량이 control 처리구에 비해 증가되었다고 보고한 바 있다. 이들의 연구 결과는 본 연구와 유사한 경향으로 조사되었다. 토양 T-N 함량은 헤어리베치 처리구가 풋거름보리 처리구에 비해 높았으며, 토양 혼입량이 가장 많은 HV2000 처리구의 T-N 함량은 2.61 g kg⁻¹으로 다른 처리구에 비해 가장 높았다. 헤어리베치는 풋거름보리에 비해 토양환원 후 분해되는 속도가 빠르기 때문에 질소함량이 증가된 것으로 판단된다 (Sung et al., 2008). 토양 유효인산 함량은 T-N 함량과 유사한 경향으로 풋거름보리 및 헤어리베치의 토양 혼입량이 많아질수록 유효인산이 유의성 있게 증가되었다.

벼의 수량 및 수량구성요소 녹비작물의 토양 혼입량이 벼의 수량 및 수량구성요소에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. 녹비작물 처리구별 벼의 생육은 풋거름보리 및 헤어리베치의 혼입량이 많아질수록 벼의 수량을 비롯한 대부분의 항목에서 벼의 생육이 좋아지는 결과를 보였으며, 헤어리베치 처리구가 풋거름보리 처리구에 비해 벼 수량이 더 많았다.

풋거름보리 처리구에서 생육한 벼의 간장, 수장, 이삭수, 총립수 및 천립중은 전반적으로 풋거름보리의 혼입량이

Table 4. Yield and yield components of rice plant affected by incorporation levels of green manure crops.

Treatments	Culm length	Panicle length	No. panicle per hill	No. grain per panicle	1,000 grain	Yield
	----- cm -----				g	kg 10a ⁻¹
Control	67.8 abc [†]	20.7 bc	10.2 ab	118 a	25.2 abc	496 bc
GB500	68.2 abcd	20.7 bc	9.3 a	116 a	24.1 a	433 a
GB1000	66.0 ab	18.8 a	10.0 ab	116 a	24.8 ab	451 ab
GB1500	64.5 a	20.4 bc	10.5 ab	118 a	25.2 abc	488 bc
GB2000	67.4 abc	20.7 bc	10.6 ab	118 a	26.1 bc	512 c
HV500	68.3 abcd	20.6 bc	9.6 ab	120 a	24.9 ab	490 bc
HV1000	70.3 bcd	20.0 ab	10.7 ab	121 a	25.9 abc	511 c
HV1500	71.0 cd	21.3 bc	10.6 ab	121 a	26.8 c	527 c
HV2000	72.4 d	21.8 c	11.3 b	120 a	26.4 bc	532 c

[†]Mean values followed by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to Duncan's Multiple Range Test.

많아지면서 증가되는 유의성을 보였다. 벼의 수량은 GB2000 처리구가 512 kg 10a⁻¹으로 처리구중 가장 높은 벼 생산량을 나타냈으며 Control 처리구에 비해 약 3.3% 증수되는 효과를 보였으나, 나머지 처리구는 Control 처리구에 -12.6 ~ -1.5% 범위로 감소되는 결과를 보였다. 풋거름보리와 같은 화분과작물은 두과작물에 비해 분해속도가 느리고, 토양경도와 용적밀도를 낮춰주고 공극률을 증가시켜 물리성을 개선시키는 효과를 가지고 있지만 (Yang et al., 2009), 두과작물에 비해 비료적 성분이 상대적으로 낮기 때문에 관행처리구에 비해 벼 수량이 낮았던 것으로 판단된다. 녹비작물을 이용하여 고추를 재배한 Yang et al. (2009)과 벼를 재배한 Kang et al. (2013) 및 Cho et al. (2012)의 연구에서도 두과작물 처리구가 화분과작물 처리구에 비해 작물의 생산량이 증가한 것을 확인할 수 있었다.

헤어리베치 처리구에서 조사된 벼의 생육은 전반적으로 HV2000 > HV1500 > HV1000 > HV500 처리구 순으로 생육이 왕성하였으며, 헤어리베치의 혼입량이 많아질수록 벼의 수량을 비롯한 수량구성요소가 유의성 있게 증가되었다. 벼의 수량은 HV500 처리구에서 490 kg 10a⁻¹, HV1000 처리구에서 511 kg 10a⁻¹, HV1500 처리구에서 527 kg 10a⁻¹, 그리고 HV2000 처리구에서 532 kg 10a⁻¹으로 조사되었으며, HV500 처리구를 제외한 HV1000, HV1500 및 HV2000 처리구는 Control 처리구에 비해 3.1~7.4% 범위의 증수율을 보였다. 헤어리베치는 질소고정 능력으로 인해 다른 양분을 투입하지 않아도 생육이 안정적이고 양분공급량이 풋거름보리에 비해 많은 것을 확인할 수 있다 (Fig. 1). 또한 녹비작물에 의한 양분공급량은 biomass에 의한 영향이 크기 때문에 작물 재배시 biomass와 무기성분 함량을 고려한 양분공급량 산정이 필요할 것으로 판단된다 (Jeon et al., 2009). 이로 인해 헤어리베치 처리구에서는 풋거름보리의 혼입량 보다 적게 투입되어도 벼 생산량이 높게 나타났다.

Conclusions

본 시험은 녹비작물의 토양 혼입량에 따른 벼 생산량과 토양의 특성 변화를 평가하기 위해 풋거름보리 및 헤어리베치의 혼입량을 각각 500, 1,000, 1,500 및 2,000 kg 10a⁻¹으로 조절하여 토양에 혼입하였다. 풋거름보리와 헤어리베치의 biomass는 각각 279 및 343 g m⁻²이었고, 무기성분 함량 및 양분공급량은 헤어리베치가 풋거름보리에 비해 더 많았

다. 녹비작물 혼입 처리구내 토양의 pH, OM, T-N 및 available P₂O₅ 함량은 Control 처리구에 비해 화학성이 개선되었으며, 전반적으로 녹비작물의 혼입량이 많아질수록 높아지는 경향을 보였다. 또한, 녹비작물의 토양 혼입은 토양경도, 용적밀도, 그리고 공극률에 영향을 미치고, 무기성분의 유효도를 개선시키기 때문에, 본 연구에서는 풋거름보리와 헤어리베치의 혼입량이 많아질수록 벼 수량과 수량구성요소가 유의성 있게 증가되었다. 녹비작물별 벼 수량의 경우, 풋거름보리 처리구에서 GB500, GB1000, GB1500 및 GB2000 처리구는 Control 처리구에 비해 각각 87.4, 91.1, 98.5 및 103.3%의 벼 생산효과를 나타내었고, 헤어리베치 처리구에서 HV500, HV1000, HV1500 및 HV2000 처리구는 Control 처리구에 비해 각각 98.9, 103.1, 106.4 및 107.4%의 벼 생산효과를 나타내었다. 따라서 이상의 결과로 미루어 볼 때 안정적인 벼 생산을 위한 녹비작물의 적정 혼입량은 풋거름보리의 경우 2,000 kg 10a⁻¹이었고, 헤어리베치의 경우 1,000 kg 10a⁻¹으로 평가되었다.

Acknowledgement

This paper was supported by Sunchon National University Research Fund in 2016.

References

- Campbell, C.A., V.O. Biederbeek, R.P. Zentner, and G.P. Lafond. 1991. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin black chernozem. *Can. J. Soil Sci.* 71:363-376.
- Cho, H.S., K.Y. Seong, T.S. Park, M.C. Seo, W.T. Jeon, W.H. Yang, H.W. Kang, and H.J. Lee. 2012. Changes in carbon amount of soil and rice plant as influenced by the cultivation of different green manure crops. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(6):1058-1064.
- Choi, B.S., J.A. Jung, M.K. Oh, S.H. Jeon, H.W. Goh, Y.S. Ok, and J.K. Sung. 2011. Effects of green manure crops on improvement of chemical and biological properties in soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5):650-658.
- Jeon, W.T., K.Y. Seong, J.K. Lee, M.T. Kim, and H.S. Cho. 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.
- Jung, Y.J., I.S. Nou, and K.K. Kang. 2015. Effects of green manure crops on tomato growth and soil improvement for reduction of continuous cropping injury through crop rotation in greenhouse. *Korean J. Plant Res.* 28(2):263-270.
- Kang, S.W., D.C. Seo, J.H. Han, Y.J. Seo, S.G. Lee, I.W. Choi, W.T. Jeon, U.G. Kang, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2011. Effect of mixed cultivation with green manure crops and liquid pig manure on rice growth. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(6):1095-1102.
- Kang, S.W., D.C. Seo, S.G. Lee, Y.J. Seo, J.W. Park, J.H. Ryu, M.T. Kim, H.W. Kang, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2013. Effect of incorporation times of green barley and hairy vetch on rice yield in paddy soil with liquid pig manure. *Korean J. Environ. Agric.* 32(4):287-293.
- Kang, S.W., D.C. Seo, Y.J. Seo, S.G. Lee, I.W. Choi, W.T. Jeon, U.G. Kang, B.K. Sohn, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2012. Effect of liquid pig manure application on soil chemical properties in rice-Chinese milkvetch crop rotation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(2):149-155.
- Kim, H.W., J.H. Shin, M.K. Lee, S.H. Lee, H.H. Jang, H.S. Cho, J.T. Lee, W.T. Jeon, and J.B. Kim. 2015. Treatment effect of green manure crops on content of γ -Oryzanols from Korean rice variety, unkwangbyeon. *Korean J. Environ. Agric.* 34(2):98-104.
- Kim, S.H., D.C. Seo, J.W. Park, S.T. Lee, S.W. Lee, H.C. Kim, J.S. Cho, and J.S. Heo. 2013. Effect of green manure

- crops on growth and yield of carrot for reduction of continuous cropping injury of carrot through crop rotation. Korean J. Environ. Agric. 32(4):279-286.
- Kim, T.Y., R.D. Aileen, A. Faridul, and Y.B. Lee. 2012. Evaluation of nitrogen and phosphorus balance in green manure-rice cropping systems without incorporation of green manure crops. Korean J. Environ. Agric. 31(4):308-312.
- Lee, S.E., J.M. Park, and D.G. Choi. 2012. Effect of SCB liquid manure application in pear orchard managed by cover crop system on tree growth, potential nutrient recovery and soil physicochemical properties. Korean J. Soil Sci. Fert. 45(5):779-786.
- NIAST. 2000. Methods of soil and plant analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Park, J.H., S.T. Lee, D.C. Seo, S.H. Kim, H.C. Kim, S.W. Lee, J.S. Cho, and J.S. Heo. 2013. Effect of hairy vetch and crimson clover on the yield of carrot and soil physico-chemical properties in carrot-green manure crops rotation. J. Agric. Life Sci. 47(6):101-109.
- RDA (Rural Development Administration). 2003. Standard of analysis and survey for agricultural research. Rural Development Administration. Suwon, Korea.
- Robinson, C.A., R.M. Cruse, and M. Ghaffarzadeh. 1996. Cropping systems and nitrogen effects on mollisol organic carbon. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:264-269.
- Seong, B.J., S.H. Han, S.I. Kim, G.H. Kim, K.S. Lee, H.H. Kim, J.Y. Won, J.D. So, and J.W. Cho. 2014. Growth characteristics and ginsenoside contents of Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by green manure crops. Korean J. Crop Sci. 59(3):364-368.
- Sung, J.K., S.M. Lee, J.A. Jung, J.M. Kim, Y.H. Lee, D.H. Choi, T.W. Kim, and B.H. Song. 2008. Effects of green manure crops hairy vetch and rye, on N supply, red pepper growth and yields. Korean J. Soil Sci. Fert. 41(4):247-253.
- Yang, C.H., J.H. Ryu, T.K. Kim, S.B. Lee, J.D. Kim, N.H. Baek, S. Kim, W.Y. Choi, and S.J. Kim. 2009. Effect of green manure crops incorporation with rice cultivation on soil fertility improvement in paddy field. Korean J. Soil Sci. Fert. 42(5):371-378.
- Yang, S.K., Y.W. Seo, Y.S. Kim, H.W. Kim, K.C. Ma, K.H. Lim, H.J. Kim, J.G. Kim, and W.J. Jin. 2011. Effects of green manure crops on red-pepper yields and soil physico-chemical properties in the vinyl house. Korean J. Org. Agric. 19(2):215-228.