ISSN 0367-6315 (Print) / ISSN 2288-2162 (Online)
Korean J. Soil Sci. Fert. 48(6), 731-735 (2015)
http://dx.doi.org/10.7745/KJSSF.2015.48.6.731

Article

Effects of Liquid Pig Manure on Yield and Nutrition Supply of Green Manure Crops in Jeju

Ho-Jun Kang*, Sang-Ho Yang, Yu-Kyoung Kim, Chang-Sook Jwa, Bong-Chun Moon, Chae-Ran Moon, Bok-Hee Ko, and Dae-Cheun Jung

Jeju Special Self-governing Province Agricultural Research and Extension Services, Seogwipo 63556, Korea

(Received: September 15 2015, Revised: December 15 2015, Accepted: December 20 2015)

The effects of liquid pig manure (LPM) on the yield and nutrient supply of green manure crops, such as hairy vetch alone and hairy vetch + rye mixture, were investigated. We used three treatments: no-fertilizer (NF); LPM, 4.0 t 10 a^{-1} ($N-P_2O_5-K_2O$ = 4.0-0.024-4.0 kg $10a^{-1}$); and chemical fertilizer (CF; $N-P_2O_5-K_2O$ = 4.0-0-4.0 kg $10a^{-1}$). The green manure crops, namely, *Vicia villosa* Roth. (hairy vetch) and *Secale cereale* L. (rye). were sown on March 11 and harvested on June 24, 2014. Yield of green manure crops significantly increased in hairy vetch + rye mixture plot compared with the hairy vetch alone plot. In hairy vetch alone plot, yield of green manure crops was increased by application of LPM and CF, but there were no significant differences. Yield of green manure crops in hairy vetch + rye fresh mixture plot significantly increased by the LPM and CF treatments, but no difference was noted between the LPM and CF treatments. Nitrogen supply by the green manure crops was higher in hairy vetch + rye mixture plot than hairy vetch alone plot. However, there was no significant difference. Phosphorus and potassium supply significantly increased in hairy vetch + rye mixture plot compared with hairy vetch alone plot. By treating LPM and CF, the nitrogen, phosphorus and potassium supply were higher than those in no fertilizer. In conclusion, LPM could replace CF. When planting green manure crops, the hairy vetch + rye mixture was more effective than hairy vetch alone to effectively use green manure crops.

Key words: Liquid pig manure, Green manure crops, Nutrient supply

Effect of green manure crops and fertilization on dry matter production.

Treatment	NF※	LPM	CF	Means
	---------- kg $10a^{-1}$ ----------			
Hairy vetch	380a※※	410a	410a	400b
Hairy vetch + Rye	420b	540a	570a	510a

※ NF: non fertilizer, LPM: liquid pig manure, CF: chemical fertilizer

※※ Treatments with same letter in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

*Corresponding author: Phone: +82647607333, Fax: +82647607399, E-mail: khj4066@korea.kr

§Acknowledgement: This study was supported by Rural Development Administration, Republic of Korea (Project No. PJ009443012014).

Introduction

제주지역 화산회 토양의 일반적인 화학적 성질은 유기물 함량이 약 2～20% 이상을 차지하며 평균 8.3%로 육지토양의 2.5%에 비하여 대단히 높고 유기태 질소 함량도 높다. 이들 질소의 대부분은 작물에 흡수·이용되기 어려운 형태의 질소가 많아 작물재배에서 유기물의 시용효과가 현저하게 나타나는 것이 특징이다 (Um et al., 1977). 따라서 토양에 질소공급이 용이한 풋거름작물과 같은 유기물을 공급하여 지력을 향상시킴으로서 질소 시비량을 절감시키는 풋거름작물 재배기술 및 부존자원을 활용한 풋거름생산량을 늘리는 재배법이 필요하다. 풋거름작물은 단작보다는 혼작재배가 수량이 많으나 (Kim et al., 2011b), 실제로 화학비료의 직접적인 사용 없이 풋거름작물 생산량을 높이는 데에는 많은 어려움이 있다 (Lee et al., 2011b). 따라서 최근에 풋거름작물 생산량을 극대화하기 위해서 돈분액비를 시용하거나 (Lee et al., 2011), 헤어리베치와 호밀 혼파재배 효과에 대한 연구가 이루어지고 있다 (Kim et al., 2011b). 돈분뇨는 축우분뇨에 비해 질소함량이 뇨는 3배, 분은 3.3배 많으며 인산함량은 뇨가 23배, 분이 3.4배 많으므로 (Kim et al., 2001) 땅속으로 스며들거나 지표를 흐르게 되면 축산단지 주변 농경지나 지하수 등의 토양환경과 수질을 오염시킬 우려가 있다. 그러나 적절한 부숙화 과정을 거쳐 만들어진 액비는 토양에 시용할 경우 화학비료를 대체할 수 있는 유용한 자원이기도 하다. 또한, 풋거름작물은 후 작물에 질소공급원으로 활용 가능하며, 토양개선 효과를 갖는 것으로 알려져 있다. 제주지역 풋거름작물은 봄 재배 작형으로 겨울채소 수확이 끝나는 2～3월에 파종하여 6월 중순에 토양에 환원하는 형태로 생육기간이 90～110일로 짧아 수량이 낮다. 가축분뇨 활용으로 풋거름작물 수량증가 및 농업자원으로 활용 가능성 평가가 필요하다. 그 동안 제주지역에서 돈분뇨의 농경지에 대한 이용 연구는 주로 일반 밭작물에서 이루어졌으며 (Kang et al., 2011), 풋거름작물에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 화학비료와 돈분액비를 시용하여 제주도에 많이 재배되고 있는 호밀과 헤어리베치의 풋거름작물 생산성 증진과 돈분액비의 화학비료 대체효과를 검토하였다.

Materials and Methods

시험토양 및 돈분액비 화학적 특성 본 시험은 제주특별자치도 서귀포시 성산읍 신산리 미사질양토 (신엄통)에서 수행되었다. 시험전 토양의 화학성은 pH는 6.0이고, 유기물은 75.6 g kg^{-1}으로 많고, 유효인산은 88.2 mg kg^{-1}으로 낮고, 치환성 칼리, 칼슘 및 마그네슘함량은 각각 0.85, 7.3 및 2.92 $cmol_c$ kg^{-1}이었다 (Table 1). 시험에 사용된 돈분액비는 제주시 한림읍 소재 양돈농가의 분뇨를 이용하였으며, 돈분액비의 성분함량은 Table 2에서 보는 바와 같다.

시험처리 및 풋거름재배 헤어리베치 단파구와 헤어리베치+호밀 혼파구를 주구로 하였으며, 풋거름작물 재배시 무비구, 화학비료 시비구 (N-P-K=4.0-0-4.0 kg $10a^{-1}$) 및 돈분액비 시비구 (N-P-K=4.0-0.96-4.0 kg $10a^{-1}$)의 3처리구를 세구로 하여 분할구 배치법을 사용하였다. 시험구 면적은 3.5×5 m이었다. 파종량은 헤어리베치 13.5 kg $10a^{-1}$, 혼파구는 헤어리베치 6.8 kg $10a^{-1}$와 호밀 11.3 kg $10a^{-1}$이었다. 풋거름작물은 3월 11일에 파종하였으며, 6월 28일에 수확하여 생체중을 측정하고, 65°C에서 48시간 열풍 건조한 다음 건조중을 측정하였다. 양분 공급량은 건조중량과 양분함량을 곱한 값을 의미하며 양분 공급량 분석을 위하여 건조중 측정에 사용된 시료를 세척하여 65°C에서 48시간 열풍 건조한 다음 분쇄하여 사용하였다.

토양 및 식물체 분석 토양은 표층 (0～20 ㎝)을 채취하여 풍건 후 2 ㎜체를 통과한 시료를 사용하였다. 토양 pH는 시료와 증류수 비율을 1:5로 하여 pH 측정기로 (S47, Metter toledo, Germany) 측정하였고, 유기물은 0.5 ㎜를 통과한 풍건토를 Tyurin법으로 분석하였으며, 유효인산은 Lancaster법으로 측정하였다. 치환성 양이온은 1 N ammonium acetate 법으로 추출하여 ICP-OES (Optima, 7300DV,

Table 1. Chemical properties of soils before the experiment.

Soil Texture	pH	O.M.	Av.P_2O_5	Ex. Cation		
				K	Ca	Mg
	1:5	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	----------	$cmol_c$ kg^{-1}	----------
SiL	6.0	75.6	88.2	0.85	7.3	2.9

Table 2. Chemical properties of liquid pig manure used the experiment.

T-N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Na_2O
----------	----------	----------	%	----------	----------
0.10	0.048	0.10	0.06	0.02	0.03

PerkinElmer, USA)로 측정하였다.

식물체 분석은 분쇄한 시료 1 g을 분해튜브에 넣고 H_2SO_4-H_2O_2로 습식분해하여 무기성분 분석에 활용 하였다. 총질소는 켈달장치 (Kjeltec 2400 Foss, Sweden)를 이용하여 측정하였고, 인산은 ammonium vanadate 법으로 비색계 (UV/VIS spectrometer, Carry 100 varian, Australia)를 사용하여 정량하였다. 칼륨은 ICP-OES (Optima 7300DV, Perkin-Elmer, USA)를 사용하여 분석하였다.

통계분석 방법 시험구 배치는 분할구배치 3반복으로 하였고, 조사된 결과는 SAS 프로그램 (SAS. ver. 9.1)을 이용하여 ANOVA test 후 Duncan's multiple range test를 수행하였다.

Results and Discussion

풋거름작물 수량 풋거름작물 수량은 헤어리베치 단파구 평균 400 kg 10^{-1} 보다 헤어리베치와 호밀 혼파구 평균 510 kg 10^{-1}로 증가되었다 (Table 3). 풋거름작물은 두과작물 단파보다는 두과와 화본과를 혼파했을 때 수량이 증가되는데 (Kim et al., 2011b; Lee et al., 2012), 본 연구결과와 같은 경향이었다. 이런 결과는 헤어리베치가 호밀을 지주로 삼고 성장하여 수광율이 높아져서 생장이 좋아지기 때문이다 (Kim et al., 2002). 헤어리베치 단파구에서 무비구 380 kg 10^{-1}, 돈분액비구 410 kg 10^{-1} 및 화학비료구 410 kg $10a^{-1}$으로 돈분액비와 화학비료 시비로 수량이 증가되었으나 유의적인 차이는 없었다. 헤어리베치와 호밀 혼파구의 수량은 무비구 420 kg 10^{-1}, 돈분액비구 540 kg 10^{-1} 및 화학비료구 570 kg $10a^{-1}$으로 돈분액비와 화학비료 시비로 수량이 증가되었다. 그러나 돈분액비구와 화학비료 시비구간에 수량차이는 나타나지 않았다. 헤어리베치 단파구에 돈분액비 시용으로 수량이 증가되었으나 (Lee et al., 2011), 본 연구에서는 헤어리베치 수량은 돈분액비나 화학비료 시용으로 증가율이 8%로 크지 않았다. 이런 결과는 두과 풋거름작물은 돈분액비를 시용하지 않더라도 스스로 공중질소를 고정하여 생육하는 특성 때문에 돈분액비에 의한 영향이 적기 때문이다 (Lee et al., 2014). 그리고 헤어리베치와 호밀 혼파구의 수량은 돈분액비나 화학비료에 의해 증가율이 29~36%로 높았다. 이것은 화본과 풋거름작물은 두과풋거름작물과 달리 공중질소를 고정하는 능력이 없기 때문에 다량의 양분이 필요하므로 돈분액비 시용으로 생육이 증가 (Lee et al., 2014)된 것으로 판단된다.

질소 공급량 풋거름작물에 의한 토양에 질소 공급량은 헤어리베치+호밀 혼파구가 헤어리베치 단파구보다 7.4%정도 많았으나, 유의적인 차이는 없었다 (Table 4). 이런 결과는 화본과와 두과를 혼파하면 화본과만 파종했을 때 보다 질소공급이 유리하다 (Kim et al., 2011b)고 한 결과와 비슷하였으나, 질소공급량이 차이가 크지 않은 것은 호밀이 생육후기로 갈수록 목질화가 이루어져 질소함량이 낮기 때문이다 (Kim et al., 2011a). 헤어리베치 단파구에서 무비구와 돈분액비 처리구 및 화학비료구간에 차이가 나타나지 않았다. 이것은 헤어리베치는 공중질소를 고정하는 능력이 있는 두과작물이기 때문에 돈분액비나 화학비료에 의한 영향이 적기 때문으로 판단된다. 헤어리베치와 호밀 혼파구에서 질소 공급량은 무비구보다 돈분액비 시비구와 화학비료 시비구에서 23~32% 높았다. 돈분액비 무시용구 대비하여 질소 공급 증가율은 화본과 풋거름작물이 두과 풋거름작물에 비해 높다 (Lee et al., 2014)고 한 결과와 같은 경향이었다.

Table 3. Effect of green manure crops and fertilization on dry matter production.

Treatment	NF※	LPM	CF	Means
	kg $10a^{-1}$			
Hairy vetch	380a※※	410a	410a	400b
Hairy vetch + Rye	420b	540a	570a	510a

※ NF: non fertilizer, LPM: liquid pig manure, CF: chemical fertilizer
※※ Treatments with same letter in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at *P<0.05.*

Table 4. Nitrogen supply amounts of green manure crops.

Treatment	NF※	LPM	CF	Means
	kg $10a^{-1}$			
Hairy vetch	11.71a※※	12.66a	12.61a	12.33a
Hairy vetch + Rye	11.16b	13.78a	14.77a	13.24a

※ NF: non fertilizer, LPM: liquid pig manure, CF: chemical fertilizer
※※ Treatments with same letter in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at *P<0.05.*

Table 5. Phosphorus supply amounts of green manure crops.

Treatment	NF*	LPM	CF	Means
	---------- kg $10a^{-1}$ ----------			
Hairy vetch	0.95b**	1.14a	1.13a	1.07b
Hairy vetch + Rye	1.21b	1.51a	1.62a	1.44a

* NF: non fertilizer, LPM: liquid pig manure, CF: chemical fertilizer
** Treatments with same letter in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at *P<0.05.*

Table 6. Potassium supply amounts of green manure crops.

Treatment	NF*	LPM	CF	Means
	---------- kg $10a^{-1}$ ----------			
Hairy vetch	11.21b**	12.52ab	13.37a	12.37b
Hairy vetch + Rye	12.32b	15.91a	16.93a	15.06a

* NF: non fertilizer, LPM: liquid pig manure, CF: chemical fertilizer
** Treatments with same letter in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at *P<0.05.*

인산 공급량 풋거름작물에 의한 토양에 인산 공급량은 헤어리베치 단파구 1.07 kg $10a^{-1}$, 헤어리베치+호밀 혼파구가 1.44 kg $10a^{-1}$로 많았다 (Table 5). 풋거름작물의 인산함량은 화본과보다 두과작물이 약 2배 정도 많은 인산을 함유하고 있는데 (Cho et al., 2006), 본 연구에서 혼파구에서 높은 것은 벼를 통해서 흡수된 인산의 양은 볏짚과 조곡수량이 많은 처리구에서 높다 (Kim el al., 2012)고 한 결과와 같은 경향이었다. 또한 Lee et al. (2014)은 두과 풋거름작물에 비해 화본과 풋거름작물에서 인산공급량이 매우 높다고 하였다. 그리고 무비구보다 돈분액비와 화학비료 시비구의 인산 공급량이 많은 것은 Table 3에 나타난 바와 같이 풋거름작물의 수량이 많기 때문이다. 제주도 화산회토양은 인산 고정력이 높고 (Shin and Kim, 1975), 토양에 인산비료가 시용된 후 식물생육에 이용되는 인산은 적으며 대부분이 인산성분이 불용화 된다 (Joa et al., 2007). 그러나 녹비작물 투입에 따른 토양 내 인산함량 변화는 녹비작물이 재배되는 동안 토양 중 인산을 흡수하였다가 토양에 환원되는 과정에 분해되어 작물 재배기간 동안 용출되므로 (Cho et al., 2006) 화산회토양에서 풋거름작물 환원시 토양 내 인산함량 변화와 후 작물의 생육에 미치는 영향에 대한 검토가 필요하다.

칼리 공급량 풋거름작물에 의한 토양에 칼리 공급량은 헤어리베치 단파구 12.37 kg $10a^{-1}$, 헤어리베치+호밀 혼파구가 15.06 kg $10a^{-1}$로 헤어리베치와 호밀 혼파구가 많았다. 그리고 무비구보다 돈분액비 시비구와 화학비료 시비구에서 많았으며, 돈분액비 시비구와 화학비료 시비구간에 차이가 없었다 (Table 6). 이런 결과는 질소 및 인산 공급량과 같은 경향이었다. 식물체에 의한 양분공급량은 식물체의 양분함량보다 수량에 의존적이기 때문에 수량 증가율이 높은 화본과 풋거름작물이 두과 풋거름작물보다 칼륨증가율이 높다 (Lee et al., 2014). 본 연구에서도 Table 3에 나타난 바와 같이 헤어리베치와 호밀 혼파구의 수량은 헤어리베치 단파보다 돈분액비 및 화학비료 시비구에서 높기 때문이다.

Conclusion

헤어리베치 단파구 및 헤어리베치+호밀 혼파구에서 돈분액비와 화학비료 시용이 풋거름작물의 수량과 양분 공급량에 미치는 영향을 조사하였다. 시험처리는 무비구, 돈분액비 시비구 및 화학비료 시비구의 3가지 처리를 하였다. 풋거름작물 수량은 헤어리베치 단파구 평균 400 kg 10^{-1} 보다 헤어리베치와 호밀 혼파구 평균 510 kg 10^{-1}로 증가되었다. 헤어리베치 단파구에서 돈분액비와 화학비료 시비간 유의적인 차이는 없었다. 그러나 헤어리베치와 호밀 혼파구의 수량은 돈분액비와 화학비료 시비로 수량이 증가되었으며, 돈분액비구와 화학비료 시비구간에 차이는 나타나지 않았다. 풋거름작물에 의한 토양에 질소 공급량은 유의적인 차이는 없었다. 그러나 인산과 칼륨 공급량은 헤어리베치 단파구보다 헤어리베치+호밀 혼파구에서 증가되었다. 그리고 돈분액비와 화학비료 시비구의 질소, 인산 및 칼륨 공급량은 무비구보다 많았으며, 돈분액비 시비구와 화학비료 시비구간에 차이가 없었다. 결론적으로 풋거름작물의 수량과 인산 및 칼륨 공급량을 증가시키기 위해서는 헤어리베치+호밀을 혼파하는 것이 효과적이며 화학비료를 돈분액비로 대체할 수 있을 것으로 사료된다.

References

Cho, H.S., J.H. Seo, M.T. Kim, S.P. Eom, and J.K. Lee. 2006.

The change of phosphorus in soil by green manure application. Treat. Crop Sci. 7:503-516.

Joa, J.H., H.C. Lim, S.G. Han, S.J. Chun, and J.S. Suh. 2007. Characteristics of Bacillus sphaericus PSB-13 as phosphate solublizing bacterium isolated from citrus orchard soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 40(5):405-411.

Kang, H.J., S.H. Yang, and S.C. Lee. 2011. Effects of liquid pig manure on growth of potato, soil chemical properties and infiltration water quality. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(6):1130-1136.

Kim, J.G., S. Seo, E.S. Chung, Y.C. Lim, J.K. Lee, J.H. Seo, and G.J. Park. 2002. Effect of planting and harvest dates on quality and productivity of rye-hairy vetch mixture. J. Korean Grassl. Sci. 22:241-246.

Kim, M.T., J.H. Ku, W.T. Jeon, K.Y. Seong, C.Y. Park, J.H. Ryu, H.S. Cho, I.S. Oh, Y.H. Lee, J.K. Lee, M. Park, and U.G. Kang. 2011a. Effect of barley green manure on rice growth and yield according to tillage date in spring. J. Crop Sci. 56(2):119-123.

Kim, S.W., Y.H. Seo, Y.B. Choi, M.S. Ahn, and A.S. Kang. 2011b. Effect of mixed sowing of hairy vetch and rye on green manure yield in mountainous highland. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(3):442-447.

Kim, J.H., C.H. Park, J.D. Han, and B.G. Park. 2001. Determining the optimum number of livestock considering regional pollution load. Korean J. Agric. Manage. Policy. 28:255-277.

Kim, T.Y., A.R. Daquiado, F. Alam, 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.G., D.C. Seo, S.W. Kang, Y.J. Seo, I.W. Choi, M.O. Kim, W.T. Jeon, U.G. Kang, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2011. Optimum application level of liquid pig manure for increasing green manure crop yield. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(6):1103-1106.

Lee, S.G., D.C. Seo, S.W. Kang, Y.J. Seo, I.W. Choi, W.T. Jeon, U.G. Kang, H.W. Kang, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2012. Effects of application of liquid pig manure on yield of green manure in single and companion cropping. Korean J. Soil Sci. Fert. 45(5):805-809.

Lee, S.G., D.C. Seo, S.W. Kang, Y.J. Seo, J.H Ryu, H.W. Kang, W.T. Jeon, M.T. kim, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2014. Effect of liquid pig manure on growth and nutrient contributions of green manure crops of gramineae and leguminous species in paddy soil. J. Agric. Life Sci. 48(2): 175-184.

Shin, Y.H. and H.O. Kim. 1975. Characteristics of volcvanic ash soils. Korean J. Soil Sci. Fert. 8(3):113-119.

Um, K.T., Y.H. Ju, and G.S. Rhee. 1977. Studies on the soil characteristics for development planning of JeJu-Do. J. Agric. Sci. Soil Fert. 19:1-18.