

Effect of Cattle-Manure Application on Soil Chemical Properties and Crop Yields in Rice-Forage Cropping System

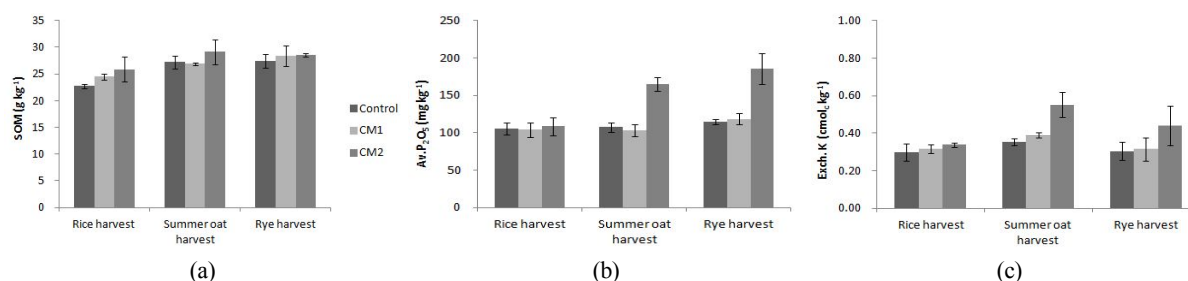
Yejin Lee*, Hong-Bae Yun, Jwa-Kyung Sung, Sang-Keun Ha, Yo-Sung Song,
 Yeon-Kyu Sonn, and Deog-Bae Lee

*Soil and Fertilizer division, National Academy of Agricultural Science, RDA, 166 Nongsaeangmyeong-ro,
 Iseo-myeon, Wanju-gun, 565-851, Korea*

(Received: September 23 2014, Revised: November 18 2014, Accepted: November 19 2014)

The steady increase in livestock industry has greatly required the stable production of food and forage crops. As an alternative, rice-forage cropping system has been attempted in several southern areas. The present study was performed to understand whether an application of cattle-manure compost affects soil chemical properties and crop productivity in rice-forage cropping system, rice → summer oat → rye, in Jangheong county, south Jeolla province from 2013 to 2014. Treatments was composed of control (no compost), CM1 (compost application before rice transplanting), and CM2 (two-times compost application, before rice transplanting and after rice harvest), and inorganic fertilizers (N, P, and K) were equally dressed in all plots. Yields of rice were not significantly different between treatments, however, oat production was 1.25-fold higher in CM1 and CM2. Nutrient uptake amounts of rye were higher in CM2 than CM1 and control. Total nitrogen in soil was maintained stable level during crop cultivation. And soil organic matter contents in all treatments were increased by crop residue. Available P_2O_5 and exchangeable K were increased by cattle manure application. Therefore, it suggested that the amount of nutrient by forage crop residue should be considered in rice-forage multiple cultivation.

Key words: Rice, Forage crop, Multiple cropping, Soil chemical property



Effect of cattle-manure compost application on soil chemical properties (CM1 : compost application before rice transplanting, CM2 : two-times compost application, before rice transplanting and after rice harvest : (a) SOM, (b) Av. P₂O₅, (c) Exch. K.

*Corresponding author : Phone: +82632382446, Fax: +82632383822, E-mail: leeyj418@korea.kr

§Acknowledgement: This paper is the result of the project (PJ00856902) conducted by Rural Development Administration.

Introduction

식생활의 서구화로 국내 육류소비량이 급증하였고, 축산업의 규모가 커지면서 충분한 조사료 공급이 필요하게 되었다. 2006년부터 5년간 조사료 공급량을 보면 국내 생산량 뿐 만 아니라 수입량 모두 증가하여 조사료 자급률 향상을 위한 대책 마련이 시급한 실정이다 (Woo et al., 2011). 조사료 자급률을 높이기 위해서는 사료작물 재배면적이 확대되어야 하고, 수량성을 높일 수 있는 작부체계가 필요하다. 최근 조사료 작부체계에 대한 연구결과를 보면, 논에서 조사료 생산을 위한 작부체계 선정 (Noh et al., 2013; Seo et al., 2007)이나 남부지역 논에서 조사료 생산성 및 사료가치 (Song et al., 2014) 등 논을 활용한 사료작물 재배를 추천하고 있다. 논에서 사료작물을 재배할 경우 일반적으로 벼 수확 후 다음 작물로 사료작물이 재배되는데, 벼는 사료작물에 비해 비료 요구량이 적기 때문에 사료작물 수량을 높이기 위해서는 충분한 양분공급이 필요하다. 지속적으로 벼 일모작을 할 경우 유기물을 공급하지 않으면 토양 유기물이 감소하여 비옥도가 악화된다 (Jeong et al., 2001)고 보고된 바 있다. 그러나 벼 수확 후 사료작물인 이탈리아 라이그라스를 재배할 경우 토양 유기물 함량이 다소 증가하며 (Jung et al., 2011), 이탈리아 라이그라스 잔재로부터 양분이 공급되어 벼 재배 시 비료절감효과가 있다 (Song et al., 2011)는 연구결과가 있어 벼-사료작물을 다모작으로 재배할 경우 사료작물에 의한 양분 공급효과 여부와 재배기간 중 토양 비옥도 변화 및 작물 수량을 평가하기 위한 실증시험이 요구된다. 또한 사료작물은 주로 가축 밀집 지역에서 조사료 공급을 위해 재배되기 때문에 가축분 퇴액비가 사용될 확률이 높은데, 논토양에서 사료작물 재배할 때 가축분 퇴액비가 과다하게 사용되면 벼의 도복에 영향을 미쳐 수량이 감소할 수 있으므로 적정 사용량에 대하여 검토할 필요가 있다.

본 연구는 최근 남부지방에서 실증시험이 이루어지고 있는 벼-사료작물 다모작 재배지에서 가축분 (우분) 퇴비를 사용했을 때 토양 화학성과 작물생산에 미치는 영향을 조사하여 벼-사료작물 다모작 작부체계에서의 양분관리 방안을 모색하고자 수행되었다.

Materials and Methods

포장관리 및 시비 본 실험은 전라남도 장흥군 장흥읍 평장리의 논 농가포장에서 수행되었으며, 토양통은 고천통으로 사양질의 토양이었다. 시험구 배치는 완전임의배치법으로 시험구 면적은 처리구 당 255 m²이며, 3반복으로 수행되었다. 작부체계는 벼 (조평) → 하파귀리 (하이스피드, 사료용) → 호밀 (곡우, 사료용)로 3모작이며, 벼는 2013년 5월 7일부터 8월 27일까지, 하파귀리는 8월 29일부터 10월 30일까지, 호밀은 11월 1일부터 2014년 4월 18일까지 재배되었다. 벼의 재식밀도는 33 × 17 cm이고, 하파귀리는 ha당 200 kg, 호밀은 220 kg을 산파하였다. 작물별 재배기간 평균 기상을 보면 벼는 기온 23.6°C, 강수량 123 mm이었고, 하파귀리는 기온 19.0°C, 강수량 11 mm, 호밀은 기온 6.1°C, 강수량 44 mm이었다.

비료는 작물별 시비기준 (NIAST, 2006)의 토양검정에 의한 추천량에 근거하여 사용하였으며, 모든 처리구에 동일한 양으로 처리되었다. 벼는 질소-인산-칼리 109-30-30 kg ha⁻¹, 하파귀리는 135-30-55 kg ha⁻¹, 호밀은 156-30-142 kg ha⁻¹로 사용되었으며, 시험 전 토양 화학성은 Table 1과 같다.

우분퇴비는 장흥군 내에서 발생된 우분으로 생산한 시판 우분톱밥퇴비를 사용하였으며, 성분함량은 Table 2과 같다.

시험구 처리내용 퇴비 사용량 및 사용 시기에 따른 벼, 조사료 수량 및 화학성 변화를 보기 위하여 퇴비 무사용구 (Control)와 벼 이앙 전 우분퇴비 토양검정 추천량 12,000 kg ha⁻¹ (NIAST, 2006) 사용구 (CM1), 벼 이앙 전 우분퇴비 토양검정 추천량 12,000 kg ha⁻¹을 사용한 뒤, 벼 수확 후 벼짚 수거 탄소량에 해당되는 우분퇴비 25,100 kg ha⁻¹를 사용한 구 (CM2)로 나누어 처리하였다 (Fig. 1).

토양 및 식물체 분석 토양 및 식물체는 국립농업과학원의 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 토양 pH는 토양과 증류수를 1:5의 비율로 하여 pH meter로 측정하였고, 유기물은 Tyurin 법, 유효인산은 Lancaster 법, 총질소는 킬달 증류법으로 분석하였다. 식물체는 건조 후 분쇄

Table 1. Soil chemical properties before experiment.

pH	SOM	T-N	Av.P ₂ O ₅	Av.SiO ₂	Exch. K	Exch. Ca	Exch. Mg
1:5	----- g kg ⁻¹ -----	-----	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-----	cmolc kg ⁻¹	-----
5.5	26	1.43	147	231	0.36	5.7	0.9

Table 2. Nutrient concentration of applied cattle-manure compost (Unit : Dry weight, g kg⁻¹).

T-N	T-C	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O
14	361	253	23	28

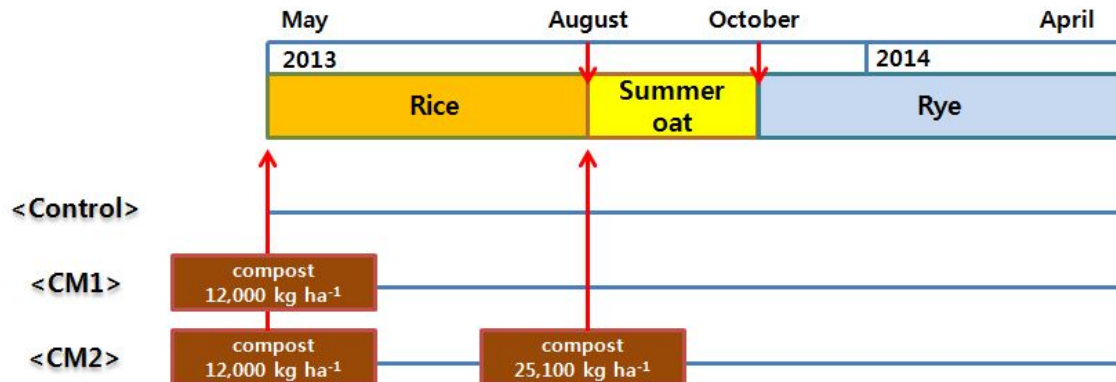


Fig. 1. Amounts and time of cattle-manure compost application during the whole experiment period.

Table 3. Comparison of growth, yield components and yield of rice between control and cattle-manure compost application.

Treatments	Culm length (cm)	Ear length (cm)	Panicle number (No. of panicle per hill)	Rough rice yield (kg ha ⁻¹)	Rice straw yield (kg ha ⁻¹)
Control	72.0±1.4 ^{n.s.}	20.7±1.0 ^{n.s.}	22.7±0.6 ^{n.s.}	8,080±193 ^{n.s.}	5,932±466 ^{n.s.}
CM1	72.3±0.5	19.7±0.5	23.3±1.2	8,100±104	5,900±250
CM2	72.33±0.4	20.7±0.2	22.7±0.6	8,380±302	5,447±437

*Duncan's multiple range test at $p=0.05$

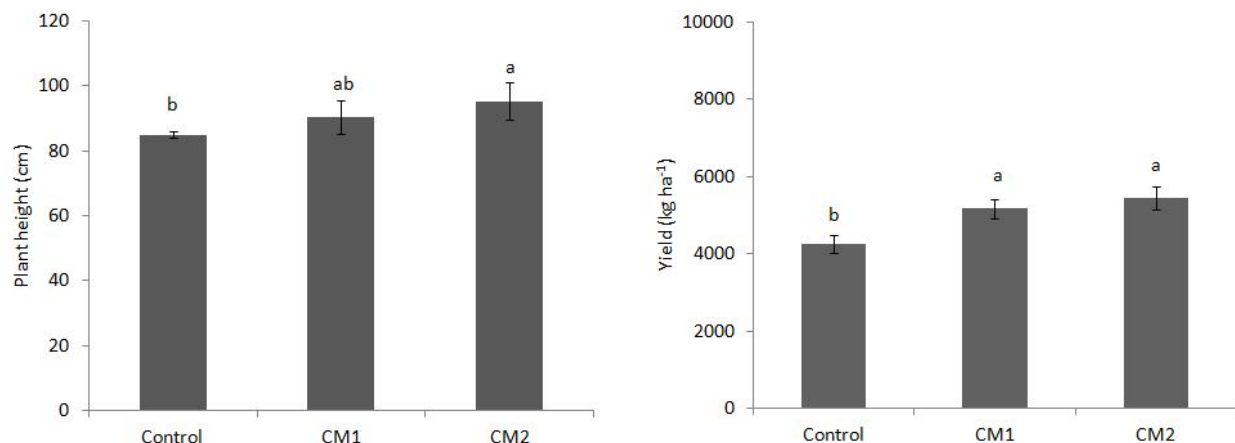


Fig. 2. Growth and yield of summer oat at harvest stage (Duncan's multiple range test at $p=0.05$).

하여 시료 0.5 g에 진한 황산 1 ml와 50% 과염소산 10 ml를 가한 뒤 열판에 가열하여 분해하였다. T-N은 켈달 증류에 의해 분석되었고, P₂O₅는 Vanadate 법, K₂O는 유도결합플라즈마 분광광도계로 분석되었다.

통계처리 벼, 하파귀리, 호밀의 생육 및 수량의 통계분석은 R ver. 3.0.2을 이용하여 다중검정을 수행하였다.

Results and Discussion

3모작 작부체계에서 작물 수량에 대한 퇴비 사용효과 3모작 작부체계 중 첫 번째 작물인 벼의 수확기 생육 및 수량은 Table 3과 같다. 이앙 전 우분퇴비를 사용하지 않은 구

(Control)와 토양검정에 의한 퇴비 추천량을 사용한 구 (CM1, CM2)의 벼 생육 및 수량은 통계적으로 차이가 나타나지 않았다.

벼 다음 작물인 하파귀리의 수확기 초장과 수량은 Fig. 2와 같다. 벼 수확 후 벼짚 수거량에 해당되는 우분퇴비를 사용한 CM2 처리구의 초장이 가장 크게 나타났고, 수량은 퇴비 무시용구 (Control)보다 퇴비 사용구인 CM1, CM2에서 많았다. 벼는 퇴비 사용에 따른 수량반응이 크지 않았으나 하파귀리는 퇴비 사용구에서 수량이 높게 나타나 퇴비 사용이 하파귀리 증수에 도움이 되는 것을 알 수 있었다.

하파귀리 수확 후 파종된 호밀의 수확기 생육 및 수량은 퇴비 사용여부 및 사용횟수에 따른 통계적 차이가 나타나지 않았다 (Fig. 3). CM2 처리구는 퇴비 사용 후 하파귀리를 재배

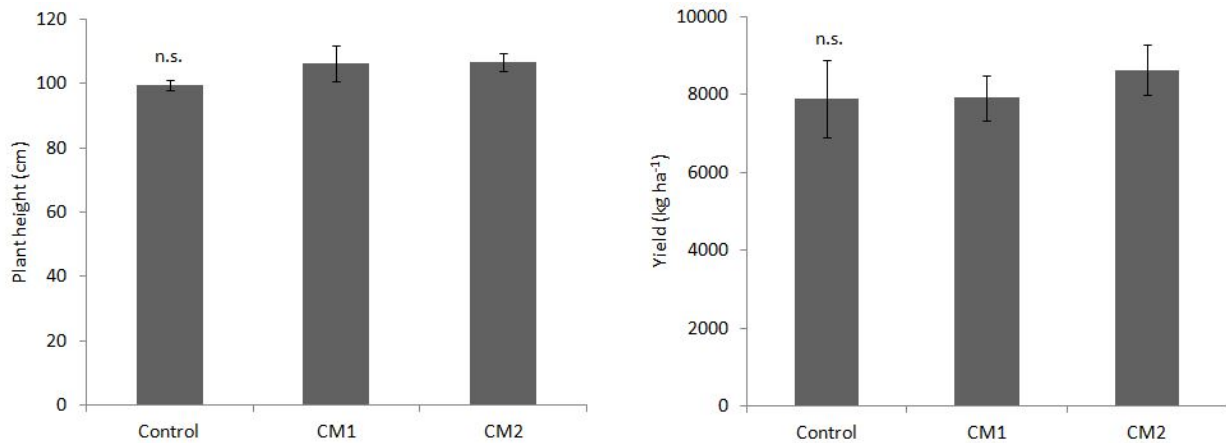


Fig. 3. Growth and yield of rye at harvest stage (Means in the same column with different letter were significantly different, Duncan's multiple range test at $p=0.05$).

Table 4. Nutrient uptake of rice and forage crops (Unit : kg ha^{-1}).

Treatments	Rice (Straw+grain)			Summer oat*			Rye*		
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Control	146	24	239	41	10	157	160	41	428
CM1	146	24	250	59	16	196	164	37	402
CM2	148	26	273	56	19	204	195	57	513

*Nutrient uptake amounts of forage crops was calculated except root.

하고 호밀을 파종했기 때문에 퇴비에 의한 양분공급량이 많지 않아 수량 차이에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

작물별 양분 흡수량과 토양 화학성 변화 벼, 하파귀리, 호밀 각각의 뿌리와 그루터기를 제외한 나머지 수확 부분의 양분 흡수량은 Table 4와 같다. 벼는 퇴비 시용구인 CM1과 CM2에서 칼리 흡수량이 다소 많았고, 하파귀리의 질소, 인산, 칼리 흡수량은 퇴비 시용량이 많은 순서대로 CM2 > CM1 > Control 순으로 나타났다. 호밀은 퇴비 시용 여부에 따른 수량차이가 나타나지 않았으나 퇴비 시용량이 많은 CM2의 질소 흡수량이 가장 많았는데, 토양 중에 잔존하는 우분퇴비가 서서히 분해되면서 호밀의 양분 흡수량을 높였을 것으로 추측된다.

작물 재배시기 별 T-N 변화를 보면 벼 이앙 후 최고분얼기 (2013.6.18.)에서 생육 후기로 갈수록 점차 감소하였으며 밭으로 전환하여 하파귀리와 호밀을 재배하는 동안 안정화되어 일정 수준을 유지하는 것으로 나타났다. 퇴비 무시용구 (Control)의 T-N 함량은 퇴비 시용구 (CM1, CM2)와 큰 차이가 없이 비슷한 수준을 나타내었다. 본 시험에서 재배된 하파귀리와 호밀은 가축 조사료용으로 활용되는 것으로 조단백질 함량이 높고 조섬유 함량은 낮기 때문에 (Song et al., 2014) 사료작물의 그루터기와 뿌리로부터 상당량의 질소가 공급되고 있는 것을 알 수 있었다.

각 작물 수확시기의 토양 유기물 함량, 유효인산, 치환성

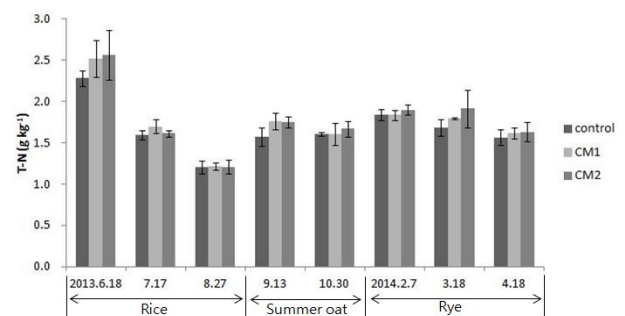


Fig. 4. Change of soil total nitrogen content during crop cultivation.

칼륨을 살펴보았다 (Fig. 5). 벼 수확기의 토양 유기물 함량은 Control이 23 g kg^{-1} , CM1과 CM2는 $25 \sim 26 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 우분퇴비 시용구에서 다소 높았다. 그러나 하파귀리 수확기에는 Control과 CM1의 유기물 함량 차이가 없었고, 벼 수확 후 퇴비를 시용한 CM2는 약 3 g kg^{-1} 정도 높게 나타났다. 호밀 수확기에는 Control에 비해 CM1과 CM2가 약 $1 \sim 2 \text{ g kg}^{-1}$ 정도밖에 차이가 없었다. 퇴비를 사용하지 않아도 사료작물을 재배함에 따라 토양 유기물함량이 증가하는 것으로 나타났는데, 실제 휴경하지 않고 계속 작물을 재배할 경우 작물 잔사에 의한 유기물 공급량이 상당한 것으로 보고된 바 있다 (Buyanovsky and Wagner, 1986). 따라서 사료작물은 양분함량이 높아 녹비의 역할을 할 수 있고, 토양 유기물 증진효과가 있어 벼 단작보다 토양관리에 유리할 것으

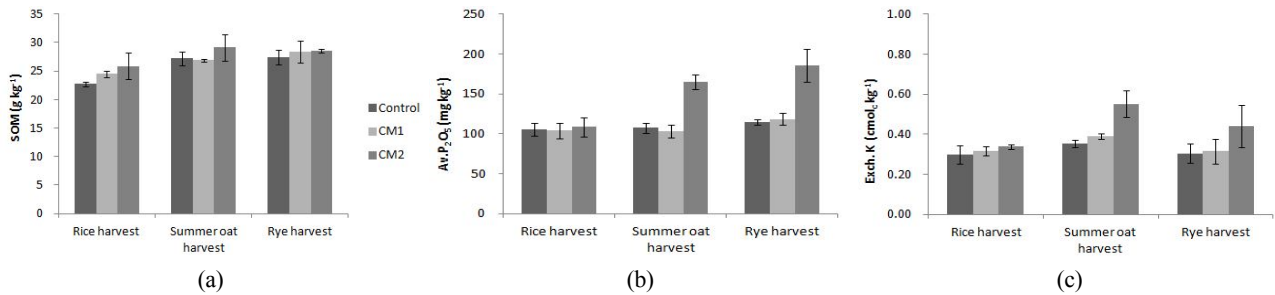


Fig. 5. Effect of cattle-manure compost application on soil chemical properties : (a) Soil organic matter, (b) Av.P₂O₅, (c) Exch. K.

로 판단되었다.

벼 이앙 전 우분퇴비를 토양검정 추천량 만큼 사용했을 때 (CM1, CM2) 벼 수확기의 토양 유효인산은 무시용구(Control)과 차이가 없었다. 그러나 벼 수확 후 1회 더 우분퇴비를 사용했을 때 (CM2)는 약 60~70 mg kg⁻¹ 정도 높게 나타났고, 호밀 수확 후에도 감소하지 않았다. 가축분 퇴비를 장기적으로 사용하면 인산의 잠재적 공급량이 많아지고, 작물 생육에 영향을 미칠 수 있기 때문에 (Whalen et al., 2001) 우분퇴비를 여러 번 사용할 경우 인산질 비료의 사용량을 줄이는 것이 합리적이다. 치환성 칼리 함량 또한 CM2에서 높았고, 작물별 흡수량과 비례하는 것으로 나타났다.

Conclusions

가축 밀집 사육지역에서 조사료의 원활한 공급과 가축분 퇴비 활용을 위하여 남부지역에서 벼-사료작물 다모작 재배 시 퇴비 사용량에 따른 작물 생산성 및 토양 화학성 변화를 분석하였다. 퇴비 사용 여부에 따른 벼 수량 차이는 없었으나 후작물인 하파귀리는 퇴비 사용구에서 수량이 높았고, 호밀은 퇴비 사용구의 수량보다 양분흡수량이 높게 나타났다. 토양 중 T-N은 작물 재배기간 동안 안정화되어 퇴비 사용량과 사용횟수에 따른 차이가 거의 없었으며, 토양 유기물 함량은 벼-하파귀리-호밀이 수확됨에 따라 점차 증가하였는데, 이는 작물 수확 중 그루터기와 잔사에 의하여 유기물이 상당량 공급되기 때문으로 판단되었다. 또한 유효인산은 퇴비 사용량이 많을 경우 증가하므로 인산질 비료 사용 시 감안해야 할 것으로 판단되었다. 따라서 벼 이후 사료작물을 재배할 경우 작물 잔사로부터 공급되는 양분을 감안하여 양분관리를 할 필요가 있다.

References

Buyanovsky G.A and G.H. Wagner. 1986. Post-harvest residue input to cropland. Plant and soil. 93:57-65.

- Jeong, J.H., B.W. Sin and C.H. Yoo. 2001. Effects of the successive application of organic matters on soil properties and rice yields. Korean J. Soil. Sci. Fert. 34(2):129-133.
- Jung, M.W., Y.C. Lim, S.H. Yoon, K.C. Choi, M.J. Kim, W.H. Kim, K.W. Lee and W.B. Yook. 2011. Effect of application of composted cattle manure on forage productivity in double cropping system of Italian ryegrass-Whole crop rice. Journal of animal science and technology. 53(5):469-474.
- National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST). 2006. Fertilizer recommendation for Each Crop in Soil Testing. NIAST. Suwon. Korea.
- NIAST. 2000. Method of soil and plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Noh, J.H., H.C. Lee, Y.J. Kim, S.S. Park and J.S. Lee. 2013. The effect of cattle manure application on dry matter yield, feed value and stock carrying capacity of forage crops in Gang-Wondo area. Korean J. Organic Agri. 21(2):247-263.
- Seo, S., W.H. Kim, J.G. Kim, G.J. Choi, J.M. Ko and S.G. Lim. 2007. Selection of promising forage crops and variety for forage production in paddy field. 3. Yeongnam region (Milyang). J. Korean Grassl. Sci. 27(2):85-92.
- Song, T.H., T.I. Park, H.J. Kang, H.H. Park, O.K. Han, S.K. Cho, Y.J. Oh, Y.W. Jang, J.H. Roh and K.G. Park. 2014. Forage productivity and feed value in triple cropping systems with winter forage crops-silage corn-summer oat cultivation at paddy field in southern region of Korea. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 34(2):87-93.
- Song, Y.S., W.K. Park, Y.J. Lee, J.S. Lee and H.B. Yun. 2011. Estimation of nitrogen optimum level for rice planting after italian ryegrass cultivation. Korean J. Soil. Sci. Fert. 44(3):448-451.
- Whalen, J.K., C. Chang and B.M. Olson. 2001. Nitrogen and phosphorus mineralization potentials of soils receiving repeated annual cattle manure applications. Biol Fertil Soils. 34:334-341.
- Woo, B.J., M.K. Jung, M.G. Lee and H.J. Kim. 2011. A study on establishing rice replacing forage crops using-system, KREI, Seoul, Korea.