

Comparison of forage yields and growth of sorghum, proso millet and japenase millet according to cropping system with italian ryegrass

Jihye Kim¹, Jin-Woong Cho^{2*}

¹Grassland and Forage Division, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 31000, Korea

²College of Agricultural & Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: jwcho@cnu.ac.kr

Abstract

The species of forage crops used in this study were Italian ryegrass (cv. Kowenery), sorghum (cv. SX17), proso millet (cv. domestic) and Japanese millet (cv. Jeju). The plant height of the summer crops was the highest at the dough stage. The dry matter yield of Italian ryegrass was 902.7 kg per 10 a. The dry matter yield of the winter crop and sorghum was 11,985 kg when harvested at the dough stage rather than at the first and second harvests. The proso and Japanese millet also had higher yields for dry matter during the dough stage rather than during heading and regeneration. The acid detergent fiber (ADF) content of Sorghum was lower than that of the first and second harvest; however, the proso and Japanese millet had a higher ADF content at the dough stage. The neutral detergent fiber (NDF) content was higher at the dough stage than at the first and second harvest, and the crude protein content was also lower at the dough stage than at the first and second harvest. The crude protein production for the dry matter yield was about 84 kg in Sorghum when harvested at the dough stage. Proso millet showed no difference for the crude protein production at the heading and dough stage while the Japanese millet had a higher crude protein production. There were no differences in the total digestible nutrients (TDN) content for the three crops according to the harvesting time. Therefore, if Sorghum and Proso and Japanese millet are to be combined with Italian ryegrass, it is better to harvest them at the dough stage.

Keywords: Italian ryegrass, sorghum, proso millet, Japanese millet, TDN

Introduction

우리나라는 육류소비량이 증가하고 고급육 소비량 증가로 인해 양질 조사료에 대한 관심이 높아짐에 따라 양질의 조사료 수요는 계속 증가하여 수입되는 조사료량은 약 100만 톤을 상회하고 있는 실정이다. 조사료 생산기반 확충사업과 양질 조사료 생산 이용 활성화 정책을 추진하기 2013년 조사료 증산 보완대책이 수립되어 동계 논 사료작물 재배 확대를 위해 논 재배 동계작물의 직불금을 지원하고, 논 뿐 아니라 생산기반 다변화를 위해 임간초지 및 간척지, 하천부지 등을 활용을 확대하고 있다.



OPEN ACCESS

Citation: Kim J, Cho JW. 2018. Comparison of forage yields and growth of sorghum, proso millet and japenase millet according to cropping system with italian ryegrass. Korean Journal of Agricultural Science 45:43-49.

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180018>

Editor: Jae Kwang Kim, Incheon National University, Korea

Received: November 22, 2017

Revised: March 19, 2018

Accepted: March 21, 2018

Copyright: © 2018 Korean Journal of Agricultural Science.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

조사료 자급률을 높이기 위해서는 면적 확대가 필요한데 밭 보다 경작지가 넓고 월동기간 활용이 가능한 논에서 답리작 재배를 할 필요가 있다. 논을 활용하면 월동기 청예작물을 재배할 수 있고 벼를 재배하지 않을 때는 하절기에도 활용할 수 있어 이를 조사료 생산량 확대에 이를 활용하면 가능할 것으로 판단된다(Kwon and Kim, 1995).

우리나라 동계작물은 이탈리아 라이그라스, 호밀 및 사료용 보리 등이 있고 여름에는 수수, 수단그라스, 옥수수를 주로 재배하고 있다(Lee and Lee, 1989; Kang et al., 2009; Yoon et al., 2007). 우리나라의 사료작물의 일반적인 작부체계는 호밀, 이탈리아 라이그라스와 수수, 옥수수로 알려져 있으며, 남부지방은 대맥, 소맥-청예용 두과작물+조 작부체계가 유용하며, 1년 3기작을 하려면 호밀을 이용하면 된다고 보고되기도 하였다(Kang et al., 2009).

1968년 답리작 사료작물 품종 선발 시험에서 이탈리아 라이그라스(Italian ryegrass, IRG)가 답리작 재배에 적합하다는 결과가 있지만(Yang, 1992) 이탈리아 라이그라스는 추위에 약한 단점에도 불구하고 사료가치가 우수하고 가축 기호성이 좋아 가축 이용성이 좋은 사료작물로 알려져 있다.

하계사료작물에 대한 연구는 대체로 옥수수, 수수 위주로 이루어 졌고, 간척지에서 이탈리아 라이그라스와 옥수수 및 수수에 사료용 피를 연구가 이루어 졌고(Shin et al., 2007), 논에서 여름 및 겨울 사료작물의 최적 작부체계에 관한 연구에서 옥수수, 수수, 수단그라스, 사료용 피, 울무, 밭벼에 대한 연구가 이루어 졌지만(Kim et al., 2005), 최근 대표적 여름 작물인 옥수수와 수수류의 문제를 해결하기 위한 대책으로 사료용 피(Kim et al., 2005; Shin et al., 2006)와 새로운 하계 작물 도입을 위한 난지형 목초(Park et al., 2012; Park et al., 2014; Park et al., 2015)에 관련된 연구가 이루어지고 있다.

따라서 이 연구는 동계작물인 이탈리아 라이그라스와 하계작물인 수수, 기장 및 피를 공시하여 이에 따른 생육과 사료 생산 및 사료가치를 평가를 하여 이탈리아 라이그라스와 적합한 하계작물의 작부체계를 알고자 실시하였다.

Materials and Methods

재배방법

본 시험은 2015년 9월부터 2016년 8월까지 충청남도 천안시 성환읍에서 실시하였다. 실험에 사용된 동계작물인 이탈리아 라이그라스는 Kowinearly 품종을 이용하였으며, 하계작물인 수수는 SX17 품종, 기장은 Domestic 품종 그리고 피는 Jeju 품종을 사용하였다.

이탈리아 라이그라스의 파종은 2015년 9월 23일이며 파종량은 ha 당 50 kg였으며, 시비량은 N, P, K를 각각 ha 당 140 kg, 150 kg, 150 kg을 기준으로 기비는 N는 30%, P와 K는 50% 사용하였으며, 추비는 이른 봄에 N 70%, P와 K는 50%로 하여 분시 하였다. 수확은 이탈리아 라이그라스는 5월 15일 수확하였다.

하계작물은 각 초종별 6 m² (32 m) 크기로 이탈리아 라이그라스를 수확 후에 난괴법 3반복으로 배치하여 출수기 수확+재생, 개화 후기 수확 두 처리를 두고 수수, 기장, 피를 2016년 6월 14일 파종하였다. 수수 파종량은 ha 당 40 kg이며, 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 각각 ha 당 250-150-150 kg기준으로 기비량은 3요소 모두 50%로 하였고, 추비는 수수의 초장이 약 50 cm 정도 되었을 때 나머지 50%를 시비하였다. 기장은 ha당 20 kg 파종하였으며, N-K₂O를 각각 150-80 kg로 전량 기비로 시비하였다. 피는 ha당 15 kg을 파종하고 N-P₂O₅-K₂O를 각각 100-200-70 kg을 전량 기비로 시비하였다.

하계작물의 수확시기는 2016년 8월 5일 수수, 기장, 피를 1차 수확하였고, 8월 29일에 수수와 피를 2차 수확하였다. 다른 처리는 파종 후 1차 수확없이 2016년 8월 29일 수수, 기장, 피를 수확하였다.

수량 및 생육조사

예취시기에 맞추어 수확 전 구별로 초장을 조사하고 시험 구 전체를 수확하여 생초수량을 조사하여 ha당 수량으

로 환산하였다. 수확한 처리구에서 약 400 g 정도의 시료를 채취하여 68°C의 순환식 열풍 건조기에서 72시간 이상 건조하여 무게를 측정하고 건물물을 계산하여 ha당 건물수량으로 환산하였다.

사료가치분석

분석을 위한 시료는 시료분쇄기로 분쇄하고 2.0 mm 표준체에 걸러 이중 마개가 있는 플라스틱 통에 보관하여 실험실에서 채취하고 분석하였다. 조단백질(CP) 함량은 Kjeldahl digester (Seongnam, Korea)를 이용하여 AOAC (1990)법을 기준으로 분석하였다. 중성세제불용성섬유소(ADF) 및 중성세제불용성섬유소(NDF) 함량은 Ankom fiber analyzer (Ankom technology, 2005a; 2005b)로 분석하였다. 가소화영양소총량(TDN)은 계산식 $88.9 - (0.79 \text{ ADF}\%)$ 를 이용하였고 *In vitro* 건물소화율(IVDMD)은 Moore (1970)와 Tilley and Terry (1963)의 방법을 수정한 것으로 분석하였다.

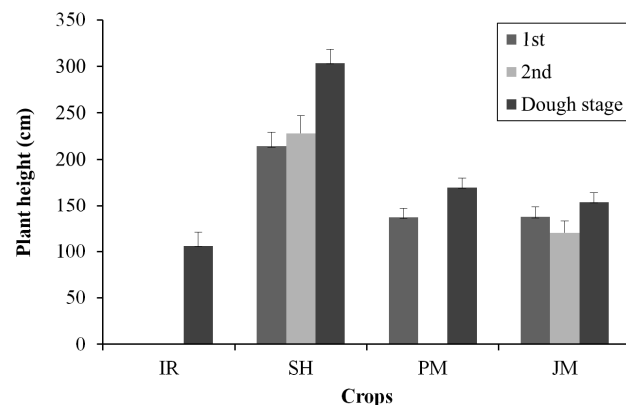
통계분석

통계처리는 SAS (2008) Enterprise Guide (ver. 9.1)을 이용하였으며 처리 간 평균비교는 5% 수준에서 최소유의차(LSD)로 검정하였다.

Results and Discussion

초장 및 수분함량

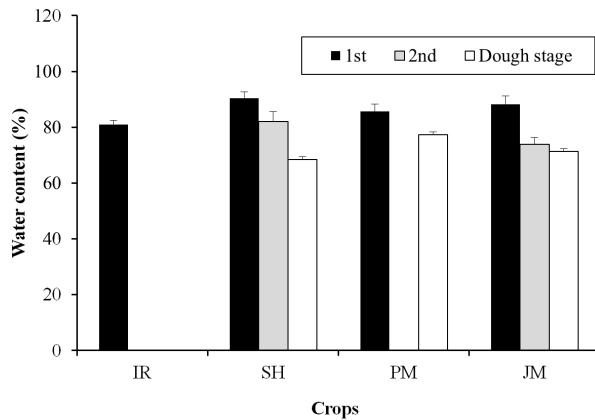
이탈리안 라이그라스 및 하계작물인 수수, 기장 및 피의 초장은 Fig. 1과 같다. 이탈리안 라이그라스의 출수기 초장은 106 cm으로 답리작으로 재배할 때의 110 - 115 cm (Kim et al., 2005)보다 다소 작은 초장을 보였다. 하계작물인 수수의 초장은 첫번째 수확 시 214.1 cm, 2차 수확 시 228.5 cm, 유숙기 수확 시 303.4 cm였다. 기장은 첫번째 수확 시 135.6 cm이고 유숙기 수확 시 169.8 cm였다. 피의 첫번째 수확 초장은 137.1 cm였고 2차 수확 시 120.4 cm 유숙기 154.2 cm였다. 1차 수확, 2차 수확 및 유숙기 경우 수수가 기장과 피에 비해 유의적으로 길었고, 기장은 재생이 잘 되지 않다는(Lang, 2001) 결과와 같이 1차 수확 후 재생이 되지 않았다. 여름 작물의 수분함량은 수수 1차 89.3%, 2차 78.5% 및 유숙기 62.7%로 출수기에 1차 수확할 때 수분함량이 가장 많았지만 재생 후 수확할 때는 약 10.8% 감소하였으며 유숙기는 1차 수확할 때 보다 26.6% 감소되었다. 기장은 1차 수확 시 85.6%였으며 유숙기 79.1%로 약 6.5% 감소하였고, 피는 1차 수확 시 89.1%였지만 2차 수확 시 70%로 약 19.1% 감소되었으며 유숙기 수확 시



IRG, Italian ryegrass; SH, Sorghum; PM, proso millet; JM, Japanese millet.

Fig. 1. Plant height of four forage crops.

73.1%로 약 16.0% 감소되어 여름작물 모두 1차 수확보다 2차 수확시에 수분함량이 감소되었으며, 유숙기의 수분 함량 감소는 목질화가 원인으로 생각되어진다(Fig. 2).

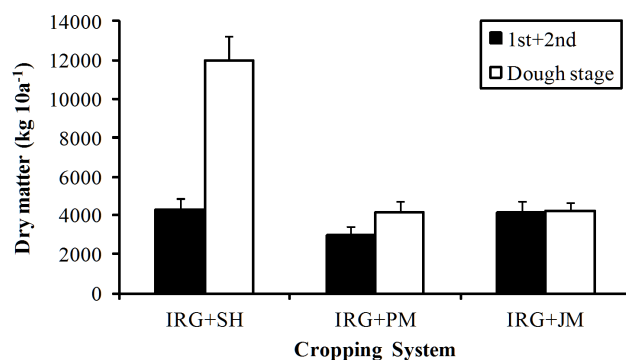


IRG, Italian ryegrass; SH, Sorghum; PM, proso millet; JM, Japanese millet.

Fig. 2. Water content of four forage crops.

건물수량

동계작물인 이탈리아 라이그라스를 재배한 후 하계작물인 수수, 기장 및 피를 재배한 후 건물수량은 Fig. 3과 같다. 하계작물인 수수와 피는 1차, 2차 및 유숙기에 각각 수확하였고, 기장은 재생이 어려워 1차 수확과 유숙기 수확을 하였다. 이탈리아 라이그라스의 건물수량은 10 a 당 902.7 kg을 하였고 이에 수수의 1차 및 2차 예취한 수량을 합하면 10 a 당 4,278 kg을 보였다. 또한 이탈리아 라이그라스와 수수의 유숙기에 수확하였을 때는 10 a 당 11,985 kg으로 수수의 경우 유숙기 이전에 예취하여 수확하는 것 보다는 유숙기에 수확하여 이용하는 것이 효과적이었다. 또한 기장은 재생이 없이 유숙기에 수확하였을 때 건물중은 10 a 당 4,120 kg을 보였다. 피는 1차 및 2차 예취하여 수확하였을 경우 이탈리아 라이그라스와 합하였을 때 10 a 당 4,105 kg의 건물수량을 보였으며 유숙기에 수확하였을 때는 4,215 kg였다. 따라서 이탈리아 라이그라스를 동계작물을 재배하고 하계작물을 재배할 때는 하계작물의 수확시기는 출수기보다는 유숙기에 수확할 때 보다 많은 건물수량을 얻을수 있다고 판단된다. 또한, 작물별 건물수량은 초장이 큰 수수가 기장이나 피보다는 상대적으로 많은 양의 건물수량을 보여 건물중만을 생각할 때 상대적으로 유리한 작물이라고 생각된다.



IRG, Italian ryegrass; SH, Sorghum; PM, proso millet; JM, Japanese millet.

Fig. 3. Dry matter yield of crops according to three cropping systems.

사료가치 비교

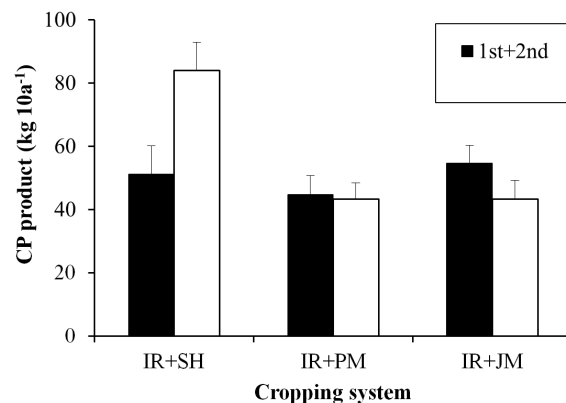
이탈리안 라이그라스 및 하계작물인 수수, 기장 및 피의 사료가치는 Table 1과 같다. 이탈리안 라이그라스의 수확시기인 출수기의 ADF (Acid detergent fiber)는 38.2%였으며, NDF (Neutral detergent fiber)은 58.6%을 보였으며 조단백질(Crude protein; CP)는 8.4%, RFV (Relative feed value)는 93.9%를 보였다. 이탈리안 라이그라스와 조합한 하계작물의 사료가치를 살펴보면 수수는 1차 수확 시 ADF는 37.8%였으며 2차 수확 시 37.5%를 보였고, 기장은 1차 수확 시 32.1%였으며, 피는 1차 수확 시 38%, 2차 수확 시 39%를 보였다. 유숙기에 수확할 때의 3작물의 ADF 함량은 수수가 30.2%, 기장이 35.4%였으며 피는 39.0%로 기장과 피는 1차 및 2차 수확보다 유숙기에 수확할 때 높은 ADF 함량을 보였지만 수수는 반대로 약 7%정도 감소하는 경향을 보였다. NDF 함량의 경우 수수는 1차 수확 시 48.7%, 2차 수확 시 60.6%였지만 유숙기 62.2%로 높아졌다. 기장은 출수기인 수확할 때 58.2%였지만 유숙기 수확할 때는 61.1%로 다소 높아졌다. 피는 1차 수확할 때 59.2%, 2차 수확할 때 63%를 다소 높아졌으며 유숙기는 62.8%를 보였다. 조단백질 함량은 수수의 경우 1차 수확시 15.7%, 2차 수확할 때 10.1%로 감소하였으며 유숙기에 6.9%로 조단백질 함량이 급격히 감소하는 경향을 보였다. 기장의 경우에도 출수기인 1차 수확할 때 17.7%였지만 유숙기 수확할 때는 11.1%로 수확시기에 따라 조단백질 함량이 크게 차이를 보였으며 피는 경우에도 출수기인 1차 수확할 때 18.2%였지만 재생 후 2차 수확 예취할 때는 11.2%로 급격히 감소하였으며 유숙기에 수확할 때는 10.8%로 함량 감소를 보였다.

한편, 이탈리안 라이그라스와 3가지의 하계작물을 달리하여 생산된 건물수량에 대한 조단백질 생산량을 살펴보면 수수의 경우 출수기에 1차 예취수확과 재생 후 수확할 때 약 10 a 당 51 kg을 보였지만 유숙기에 수확할 때는 84 kg을 보여 조단백질 공급을 중점으로 수확시기를 살펴보면 출수기나 재생 예취하는 거보다는 유숙기에 일제히

Table 1. Feed values of crops according to three cropping systems.

Crop system		ADF (%)			NDF (%)			CP (%)		
Winter	Summer	1 st	2 nd	DS	1 st	2 nd	DS	1 st	2 nd	DS
IRG		38.2	-	-	58.6	-	-	8.4	-	-
	SH	37.8	37.5	30.2	48.7	60.6	62.2	15.7	10.1	6.9
	PM	32.1	-	35.4	58.2	-	61.1	17.7	-	11.1
	JM	38.0	37.2	39.0	59.2	63.0	62.8	18.2	11.2	10.8

IRG, Italian ryegrass; SH, Sorghum; PM, proso millet; JM, Japanese; ADF, Acid detergent fiber; NDF, Neutral detergent fiber; CP, Crude protein; DS, Dough stage.

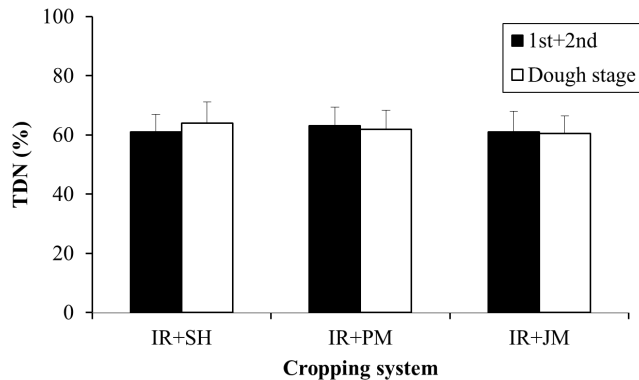


IRG, Italian ryegrass; SH, Sorghum; PM, proso millet; JM, Japanese.

Fig. 4. Crude protein (CP) production of crops according to three cropping systems.

수확하여 이용하는 것이 보다 효과적으로 생각된다(Fig. 4). 기장의 경우 출수기 예취 수확할 때 약 44.6 kg을 생산한 반면 유숙기는 43.3 kg의 조단백질 생산을 보여 기장의 경우 출수기부터 유숙기까지 조단백질 함량 변화가 거의 없는 것으로 판단되며, 피는 1차 및 2차 수확할 때 54.6 kg을 생산하였지만 유숙기는 43.4 kg으로 조단백질 생산량은 출수기와 재생 후 수확할 때가 유숙기 수확할 경우보다 영양상으로 유리하다고 생각된다.

가소화양분총량(TDN)의 경우 3작물 모두 출수기 예취수확과 재생 후 수확 그리고 유숙기 수확 모두 60 - 64%의 범위에 있어 이탈리아 라이그라스와 조합된 3가지 하계작물에 있어 차이를 보이지 않았다(Fig. 5).



IRG, Italian ryegrass; SH, Sorghum; PM, proso millet; JM, Japanese.

Fig. 5. Total digestible nutrients (TDN) of crops according to three cropping systems.

Conclusion

동계작물인 이탈리아 라이그라스를 재배한 후 하계작물인 수수, 기장 및 피를 대상으로 하여 조사료 생산량과 그에 따른 사료가치를 분석하여 이탈리아 라이그라스와 적합한 하계작물의 최적의 작물조합을 선정하기 위하여 실시하였다. 초장은 하계작물 모두 1차 및 2차 수확할 때보다 유숙기가 가장 컸으며, 수확시기에 따른 수분 함량은 1차 수확할 때 가장 높았고 유숙기에 수확할 때 가장 낮은 함량을 보였다. 건물수량은 동계작물인 이탈리아 라이그라스는 10 a 당 902.7 kg였으며, 하계작물인 수수는 1차 및 2차 예취 수확보다 유숙기에 수확할 경우 11,985 kg으로 가장 많았으며, 기장과 피도 출수기와 재생 후 수확할 때보다 유숙기에 수확할 때 건물수량이 더 많았다. ADF 함량은 수수는 1차 및 2차 수확할 때보다 유숙기가 낮았지만 기장과 피는 유숙기가 더 높은 ADF 함량을 보였다. NDF 함량은 1차 및 2차 수확할 때보다 유숙기에 더 많은 함량을 보였으며, 조단백질 함량 역시 1차 및 2차 수확할 때보다 유숙기에 함량이 더 낮았다. 건물 수량에 대한 조단백질 총생산량은 수수는 1차 및 2차 수확할 때보다 유숙기에 수확할 때 약 84 kg으로 상대적으로 많았으며, 가장은 출수기나 유숙기는 차이가 없었고, 피는 1차 및 2차 수확할 때 유숙기에 수확할 때보다 높은 조단백질 함량을 보였다. 가소화양분총량은 3작물 모두 수확시기에 따른 함량 차이는 보이지 않았다.

따라서 동계작물인 이탈리아 라이그라스와 조합된 하계작물인 수수, 기장 및 피를 선택할 경우 수수는 유숙기에 수확하여 이용하는 좋으며, 기장은 출수기 - 유숙기, 피는 유숙기에 수확하여 이용하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

Acknowledgements

본 논문은 2016년 충남대학교 학술연구비 지원에 의해 일부 수행된 결과입니다.

References

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition, Washington, DC.
- ANKOM Technology. 2005a. Method for determining neutral detergent fiber. ANKOM Technology, Fairport, NY
Accessed in http://www.ankom.com/09_procedures/procedures2.shtml on 8 May 2005.
- ANKOM Technology. 2005b. Method for determining acid detergent fiber. ANKOM Technology, Fairport, NY.
Accessed in http://www.ankom.com/09_procedures/procedures1.shtml on 8 May 2005.
- Kang DS, Kim DH, Shin HY, Son GM, Rho CW, Kim JG. 2009. Studies on cropping system for year-round cultivation of forage crops in Gyeongnam province. *Journal of Korean Grassland Science* 29:137-152. [in Korean]
- Kim WH, Shin JS, Lim YC, Seo S, Kim KY, Lee JK. 2005. Study on the promising double cropping system of summer and winter forage crop in paddy field *Journal of Korean Grassland Science* 25:233-238. [in Korean]
- Kwon CH, Kim DA. 1995. Studies on the seeding and harvesting dates of early and late maturing varieties of forage rye-(3)-Analysis of growth influenced by seeding and harvesting dates. *Journal of Korean Grassland Science* 15:37-42. [in Korean]
- Lang B. 2001. Millets Forage Management. Accessed in <https://www.extension.iastate.edu/sites/www.extension.iastate.edu/files/iowa/MilletFS55.pdf> on June 2001.
- Lee SS, Lee JM. 1989. Corn-based forage cropping systems in rice black-streaked dwarf virus prevalent area. *Korean Journal of Crop Science* 34:30-39. [in Korean]
- Moore, J.E. 1970. Procedures for the two-stage in vitro digestion of forages. p. 5001-5003. In L.E. Harris (ed.) *Nutrition Research Techniques for Domestic and Wild Animals*. Vol. 1. Utah State Univ., Logan.
- Park HS, Park NG, Kim JG, Choi KC, Lim YC, Choi GJ, Lee KW. 2012. Evaluation of characteristics and forage production for Bermudagrass (*Cynodon dactylon*) and Bahiagrass (*Paspalum notatum*) in Jeju. *Journal of Korean Grassland Science* 32:131-138. [in Korean]
- Park HS, Jung MW, Jung YB, Lim YC, Choi KC, Kim JH, Choi GJ. 2014. Evaluation of Characteristics, winter survival and forage production for warm season grass in the mid-southern regions of Korea. *Journal of Korean Grassland Science* 34:1-8. [in Korean]
- Park HS, Choi KC, Kim JH, Lee SH, Jung JS. 2015. Comparison of growth characteristics, forage production and feed values of bermudagrass, teffgrass and kleingrass as annual forage crop in summer. *Journal of Korean Grassland Science* 35:36-42. [in Korean]
- SAS. 2008. SAS/STAT Software for PC. Release 9.2, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Shin JS, Kim WH, Lee SH, Shin HY. 2006. Comparison of forage yield and feed value of millet varieties in the reclaimed tidelands. *Journal of Korean Grassland Science* 26:215-220. [in Korean]
- Shin JS, Kim WH, Yoon SH, Seo S. 2007. Study on optimum forage cropping system in reclaimed tidal land. *Journal of Korean Grassland Science* 27:117-122. [in Korean]
- Tilley JMA, Terry RA. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion for forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18:104-111.
- Yang JS. 1992. Cultivation of forage crops after rice on paddy-land. *Journal of the Korean society of grassland science* 12: 127-133. [in Korean]
- Yoon SH, Kim JG, Jeong ES, Sung SH. 2007. The study on double cropping system for organic forage production in middle part of Korea. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science* 27:275-280. [In Korean]