

Research Article

중부지역 논에서 이탈리아 라이그라스와 하계 사료작물을 연계한 작부체계 연구

오미래*, 최보람, 이세영, 정종성, 박형수, 이배훈, 김기용
국립축산과학원

Study on the Forage Cropping System of Italian Ryegrass and Summer Forage Crops at Paddy Field in Middle Region of Korea

Mirae Oh*, Bo Ram Choi, Se Young Lee, Jeong Sung Jung, Hyung Soo Park, Bae Hun Lee and
Ki-Yong Kim

National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan, 31000, Republic of Korea

ABSTRACT

This study was evaluated to compare annual productivity and feed value of Italian ryegrass and summer forage crops at paddy field in middle region of Korea. Italian ryegrass (Kowinearly) was used as winter forage crop, and forage rice (Youngwoo) and barnyard millet (Jeju) were used as summer forage crops. Each crop was cultivated using the standard forage cultivation method. The plant height, dry matter yield, crude protein content, and total digestible nutrient content of Italian ryegrass were 90.6 cm, 7,681 kg/ha, 9.2%, and 63.8%, respectively, and it was no significant difference by summer forage crops ($p>0.05$). The plant height of summer forage crops was the higher in barnyard millet than in forage rice ($p<0.05$). The dry matter, crude protein, and total digestible nutrient yields of summer forage crops were the higher in forage rice than in barnyard millet ($p<0.05$). Also, the feed value of summer forage crops was higher in forage rice than in barnyard millet. In conclusion, the combination of Italian ryegrass-forage rice was the most effective cropping system for annual forage production with high-yield and high-feed value, and it was considered the combination of Italian ryegrass-barnyard millet was good cropping system for annual forage production through reducing labor and cultivating stable at paddy field in middle region of Korea.

(Key words: Forage cropping system, Paddy, Italian ryegrass, Forage rice, Barnyard millet)

I. 서론

우리나라의 축산물 소비량은 꾸준히 증가하고 있으며, 이와 함께 조사료의 중요성도 대두되고 있다. 2020년 현재 우리나라 조사료 총 소요량은 4백 82만톤이며 이중 국내 생산량은 3백 92만톤으로 국내 조사료 자급률은 81.4% 수준이다(MAFRA, 2021). 81.4%의 조사료 자급률 중에서 양질 조사료가 차지하는 비율은 26.1%(MAFRA, 2021)에 불과한 수준으로 양질 조사료 증대를 위한 노력이 필요하다. 정부에서는 조사료 등급제 시행, 조사료 생산기반 확충사업, 논 타작물 재배사업 등의 지원을 실시하여 조사료 자급률과 양질 조사료 생산을 확대하기 위해 노력하고 있다.

우리나라는 농지면적이 한정적이고 계절변화가 뚜렷하여 양질 조사료 생산 확대를 위해서는 단위 면적당 생산성을 증가시킬 수 있는 효율적인 작부체계가 필요하며(Song et al., 2014), 이를 위해서는 밭 재배에 머무르는 것이 아닌 논 재배로의 확대가 필

요하다. 현재 효율적인 조사료 생산을 위하여 겨울철 이용하지 않는 논에서 동계 사료작물을 생산하는 것이 보편화되고 있다. 우리나라 중부지역에 동계 사료작물로 재배되는 대표적인 작물은 호밀이었으나 최근 평균기온 상승과 함께 사료품질이 매우 우수한 이탈리아 라이그라스 재배가 증가되고 있다. 이탈리아 라이그라스는 화분과 사료작물로서 초기생육이 왕성하고 수량성과 사료가치가 높으며, 가축의 기호성 또한 우수하여 우리나라 단일 사료작물 재배면적이 가장 넓은 것이 특징이다(Lee et al., 2020). 이와 함께 쌀 생산량 조절과 벼 재배면적을 유지하면서 동시에 조사료 생산 및 이용 확대를 유도하는 논 타작물 재배사업이 시행되고 있다. 초기 논에서 하계 사료작물 재배는 옥수수과 수단그라스의 재배가 권장되었으나 이런 작물들은 논의 토양 특성상 배수가 불량하여 습해를 받아 생산성이 약 70% 수준에 머무르며 정상적인 생육이 어려운 경우가 많았다(Kim et al., 2018). 따라서 여름철 논에 벼 대신 사료작물을 재배하는 것은 토양의 특성에 맞는 작

*Corresponding author : Mirae Oh, Grassland and Forage Division, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan, 31000, Republic of Korea. Tel: +82-41-580-6755, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: miraeoh@korea.kr

물선택과 재배관리 그리고 작부체계 등의 문제해결이 선행되어야 한다. 그러나 논에서 사료작물 재배관련 연구는 동계 사료작물의 파종방법 및 재배관리가 생산성 및 사료가치에 미치는 영향(Kim et al., 2007; Kim et al., 2016) 및 논에서 재배 가능한 품종 선발 (Ji et al., 2011; Na and Ji, 2011) 등의 연구가 대부분이었다.

따라서 본 연구는 중부지역 논 작부체계에서 동계 사료작물인 이탈리아 라이그라스 재배와 연계 할 수 있는 하계 사료작물로 사료용 벼 및 사료용 피의 활용 가능성을 검토하기 위하여 재배 시험을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 동계 및 하계 작물재배

본 시험은 2017년 9월부터 2020년 9월까지 충남 천안시 소재 축산자원개발부 논 시험포장에서 실시하였다. 2017년 9월부터 2018년 9월까지 1년차 동계-하계 작부체계 시험을 실시하고 2018년 9월부터 2019년 9월까지 2년차 동계-하계 작부체계 시험을 실시하였으나, 2년차 시험기간 동안 기상과 재배관리의 문제 등으로 작물재배가 원활하게 이루어지지 않아 2019년 9월부터 2020년 9월까지 2년차 동계-하계 시험을 추가로 실시하여 총 2년차 데이터로 결과를 도출하였다. 시험기간 동안의 시험포장 지역의 월 평균 대기온도와 강수량에 대한 정보는 Fig. 1.에 나타냈다. 동계 사료작물의 월동과 관계되는 겨울철(12월-2월) 평균기온은 1년차 -2.7℃, 2년차 1.3℃,

강수량은 1년차 64.4 mm, 2년차 140.8 mm로 작물생육에 양호하였다. 하계 사료작물의 생육과 관계되는 여름철(6월-8월) 평균기온은 1년차 25.1℃, 2년차 23.8℃로 평년기온(23.5℃)과 비슷하였고, 강수량은 1년차 557.4 mm, 2년차 960.0 mm로 작물생육에 양호한 편이었으나 2년차 8월 강수량은 평년보다 200 mm 가량 높았다. 시험에 사용된 동계 사료작물인 이탈리아 라이그라스는 코윈어리 품종을 사용하였고, 하계 사료작물은 사료용 벼(영우)와 사료용 피(제주)를 이용하였다. 동계 사료작물은 2017년 9월 29일과 2019년 10월 1일에 각각 파종하였고, ha당 40 kg을 산파하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 각각 ha당 140-120-120 kg을 기준으로 P₂O₅와 K₂O는 전량 기비로 시비하고, N은 기비 30%, 이른 봄 추비 70%로 시비하였다. 사료용 벼는 2018년 4월 27일과 2020년 4월 27일에 각각 파종 후 2018년 6월 4일과 2020년 6월 3일에 각각 이앙하였다. 재식거리는 30 cm × 15 cm로 하였으며, 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 150-100-100 kg/ha을 기준으로 N는 기비-분얼비-수비를 각각 50-20-30%로 하고 P₂O₅는 전량 기비하였으며, K₂O는 기비-수비를 70-30%로 나누었다. 기타 물 관리는 표준재배법에 의해 이루어졌으며, 제초관리를 위해 이앙 10일 후 메타조선틸룬-옥사지클로메폰 액상수화제재(Matazosulfuron 1.6% 및 Oxazicomefone 1.2%)를 10a 당 500 ml 비율로 원액수면 점적처리 하였고 병충해는 발생하지 않았다. 사료용 피는 2018년 6월 7일과 2020년 5월 25일에 각각 파종하였고, ha당 40 kg을 산파하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 150-100-100 kg/ha을 기준으로 P₂O₅와 K₂O는 전량 기비로 시비하고, N은 기비 50%, 이른 봄 추비 50%로 시비하였다.

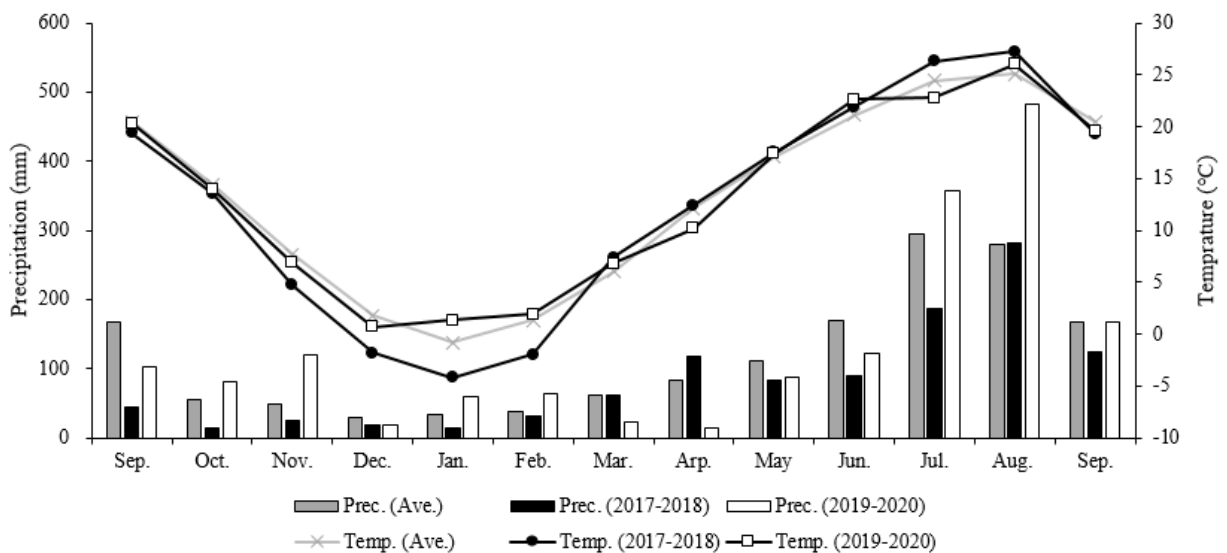


Fig. 1. Average air temperature and precipitation during the growth period of Cheonan from September 2017 to September 2020.

2. 생육특성 및 생산성 조사

동계 사료작물 이탈리아 라이그라스의 수확은 2018년 5월 11일과 2020년 5월 7일에 실시하였다. 하계 사료작물은 사료용 벼는 호숙기인 2018년 9월 28일과 2020년 9월 24일 수확하였고, 사료용 피는 출수후기인 2018년 9월 17일과 2020년 9월 1일에 수확하였다. 각각의 사료작물은 180 m²(6m×30m) 크기의 시험포장에 파종하였고, 파종 후 약 10 cm 생장하였을 때 시험구를 대표 할 수 있는 장소를 선정하여 각 시험구당 6 m²(2m×3m) 크기의 조사구를 3개씩 설정하여 생육특성 및 생산성을 조사하였다. 조사구 별로 각각 초장과 도복을 조사한 후 전체 면적을 수확 한 후 ha당 수량으로 환산하였다. 수확 된 시료는 약 300 g 정도를 취하여 65℃의 순환식 열풍 건조기에서 72시간 건조 한 후 건물 함량을 조사하였다. 조사된 수량에 건물(DM), 조단백질(CP), 가소화영양소총량(TDN) 함량을 곱하여 ha 당 DM수량, CP수량, TDN수량을 환산하였다.

3. 사료가치 분석

건조 된 시료는 사료가치 분석을 위하여 20 mesh screen이 달린 Wiley mill로 분쇄하여 이중마개가 있는 플라스틱 통에 넣어 직사광선이 들지 않는 곳에 보관하여 분석에 이용하였다. CP함량

은 AOAC (1995)법에 의거하여 분석하였고, 중성세제불용성섬유소(NDF) 및 산성세제불용성섬유소(ADF) 함량은 Goering and Van Soest (1970)법에 따라 분석하였다. TDN 함량은 ADF 함량 추정식 TDN % = 88.9 - (ADF % × 0.79)으로 추정하여 계산하였다(Holland et al., 1990). 시험포장의 토양특성은 Table 1에 나타난 바와 같고 농촌진흥청 토양화학분석법(RDA, 2010)에 준하여 분석하였다.

4. 통계분석

통계처리는 SAS program(Ver. 9.1)을 이용하여 분산분석을 실시하였고, Duncan's multiple range test에 의하여 5% 유의수준으로 처리구간의 차이를 구명하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 동계-하계 사료작물의 생육특성

논에서 동계 및 하계 사료작물의 생육특성은 Table 2에서 보는 바와 같다. 동계 사료작물인 이탈리아 라이그라스의 출수기는 2018년 5월 11일과 2020년 5월 4일이었다. 평균 초장은 91 cm

Table 1. Chemical properties of experimental paddy field in middle region of Korea

Year	pH	T-N ¹ (%)	OM ² (g/kg)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	CEC ³ (cmol ⁺ /kg)
2018	7.23	0.09	16.39	59.54	15.83
2020	7.41	0.10	15.42	78.18	14.79

¹ T-N : Total nitrogen

² OM : Organic matter

³ CEC : Cation exchange capacity

Table 2. Growth characteristics of Italian ryegrass and summer forage crops at paddy field in middle region of Korea

Cropping system		Year	Winter forage			Summer forage		
Winter	Summer		Heading date	Height (cm)	Lodging (1-9) ¹	Heading date	Height (cm)	Lodging (1-9)
IRG	Forage rice	2017-2018	May 11 st	87.0	6	Sep. 6 th	144.2	1
		2019-2020	May 4 th	93.4	2	Aug. 24 th	134.1	1
		Average	-	90.2 ^{NS}	4 ^{NS}	-	139.2	1 ^{**}
	Barnyard millet	2017-2018	May 11 st	88.5	6	Sep. 6 th	181.3	3
		2019-2020	May 4 th	93.2	2	Aug. 26 th	224.7	4
		Average	-	90.9	4	-	203.0 ^{**}	4

¹ 1 = Good, 9 = Bad

^{NS} Means in the same column were not significant ($p>0.05$).

^{**} Means in the same column were significantly different at $p<0.01$.

이었고 도복은 2018년에 심하였으나, 2020년은 양호한 편이었다. 하계 사료작물의 출수기는 사료용 벼는 2018년 9월 6일과 2020년 8월 24일이었고, 사료용 피는 2018년 9월 6일과 2020년 8월 26일로 모두 2018년보다 2020년에 약 10일 정도 빨랐다. 하계작물의 초장은 사료용 피 203.0 cm, 사료용 벼 139.2 cm로 사료용 피에서 높았다($p<0.01$). 도복은 사료용 벼와 일반 벼의 경우 매우 양호하였고, 사료용 피는 1년차 및 2년차 모두에서 발생하였다.

2. 동계-하계 사료작물의 연간 생산성

동계 사료작물 이탈리아 라이그라스와 하계 사료작물 사료용 벼 및 사료용 피의 DM, CP, TDN 수량은 Table 3에 나타났다. 이탈리아 라이그라스의 수량은 하계 사료작물에 따라 유의적인 차이가 인정되지 않았다($p>0.05$). 이탈리아 라이그라스의 DM 수량은 7,647~8,179 kg/ha로 Kim et al. (2005)의 연구결과와는 비슷했고 Kim et al.(2018)의 연구결과 보다는 높은 수치였다. CP 수량은 709~757 kg/ha, TDN 수량은 4,797~4,967 kg/ha로 나타났다. 하계 사료작물의 DM수량과 CP 수량은 각각 사료용 벼에서 16,270 kg/ha 과 1,612 kg/ha였고, 사료용 피에서 9,394 kg/ha 과 478 kg/ha으로 사료용 벼가 사료용 피 보다 높게 나타났으며 작물 간의 유의성이 인정되었다($p<0.01$). TDN 수량은 사료용 벼 10,730 kg/ha, 사료용 피 5,438 kg/ha로 사료용 벼에서 유의적으로 높았다($p<0.05$). 동계-하계 작부체제로 재배 시 연중 생산량을 계산하였을 때, DM 수량은 이탈리아 라이그라스-사료용 벼가 23,964 kg/ha였고, 이탈리아 라이그라스-사료용 피는 17,102 kg/ha로 이탈리아 라이그라스-사료용 벼 조합에서 높게 나타났다

($p<0.01$). 동계-하계 사료작물의 연중 CP 수량($p<0.01$) 및 TDN 수량($p<0.05$) 또한 이탈리아 라이그라스-사료용 벼 조합에서 높았다. Yang et al. (2012)는 간척지 토양에서 동계 사료작물(청보리, 호밀, 이탈리아 라이그라스)의 후작물(하계 사료작물)로 옥수수와 수수×수단그라스 교잡종 재배 시 DM 수량을 각각 11,550 kg/ha와 12,190 kg/ha로 보고하였는데, 본 연구 결과에서 하계 사료작물의 DM 수량과 비교하였을 때 사료용 벼의 수량은 월등히 높았으며 사료용 피의 수량도 낮지 않음을 확인할 수 있었다. 또한 중부지역 논에서 배수처리가 동계-하계 사료작물의 작물생산에 미치는 영향에 대한 연구한 결과에 의하면 동계 사료작물 청보리와 연계한 하계 사료작물 옥수수의 DM 수량, CP 수량, 그리고 TDN 수량은 각각 10,051 kg/ha, 603 kg/ha, 그리고 6,654 kg/ha으로 본 연구 결과의 사료용 벼의 수량보다는 낮고 사료용 피와는 비슷한 함량을 보였다(Shin et al., 2008). 따라서 본 연구 결과를 바탕으로 중부지역 논에서 이탈리아 라이그라스와 사료용 벼를 연계하여 연중 조사료 생산 시 높은 수량을 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서 수량은 사료용 벼 보다 높지 않았지만 선행연구에서 확인 한 바와 같이 다른 하계 사료작물들의 수량과 비교하였을 때 비슷한 수준을 보이면서 육묘와 이앙, 물 관리 등의 노동력이 필요한 사료용 벼와 달리 재배관리 측면에서 추가 비용과 노동력을 절감하며 재배 할 수 있는 사료용 피도 하계 사료작물로서 활용 가치가 있다고 사료된다. 또한 Lee et al. (2018)은 사료용 피는 습한 논 조건에서도 생육이 양호하며 생육기간이 짧아 다양한 사료작물과 작부체계에 적합하다고 하였는데, 이모작 재배를 위한 동계 및 하계 사료작물의 수확과 파종시

Table 3. Dry matter (DM), crude protein (CP), and total digestible nutrient (TDN) yield of Italian ryegrass and summer forage crops at paddy field in middle region of Korea

Cropping system		Year	Winter forage			Summer forage			Total		
Winter	Summer		DM ¹ yield (kg/ha)	CP ² yield (kg/ha)	TDN ³ yield (kg/ha)	DM yield (kg/ha)	CP yield (kg/ha)	TDN yield (kg/ha)	DM yield (kg/ha)	CP yield (kg/ha)	TDN yield (kg/ha)
IRG	Forage rice	2017-2018	7,819	711	4,814	15,303	1,907	9,311	23,217	2,548	14,125
		2019-2020	7,474	706	4,780	17,237	1,317	12,148	24,711	2,023	16,928
		Average	7,647 ^{NS}	709 ^{NS}	4,797 ^{NS}	16,270 ^{**}	1,612 ^{**}	10,730 [*]	23,964 ^{**}	2,321 ^{**}	15,527 [*]
	Barnyard millet	2017-2018	7,407	674	4,468	9,870	489	5,725	17,263	1,096	10,193
		2018-2020	8,022	757	5,201	8,918	466	5,151	16,940	1,223	10,352
		Average	7,715	716	4,835	9,394	478	5,438	17,102	1,193	10,273

¹ DM : Dry matter

² CP : Crude protein

³ TDN : Total digestible nutrient, TDN %=88.9-(ADF %×0.79)

^{NS} Means in the same column were not significant ($p>0.05$).

^{**} Means in the same column were significantly different at $p<0.01$.

^{*} Means in the same column were significantly different at $p<0.05$.

Table 4. Feed value of Italian ryegrass and summer forage crops at paddy field in middle region of Korea

Cropping system		Year	Winter forage				Summer forage			
Winter	Summer		CP ¹ (% in DM ⁵)	NDF ² (% in DM)	ADF ³ (% in DM)	TDN ⁴ (% in DM)	CP (% in DM)	NDF (% in DM)	ADF (% in DM)	TDN (% in DM)
IRG	Forage rice	2017-2018	9.1	54.2	32.2	63.5	8.5	57.9	35.5	60.9
		2019-2020	9.1	59.7	31.5	64.0	7.6	41.2	23.5	70.3
		Average	9.1 ^{NS}	57.0 ^{NS}	31.9 ^{NS}	63.8 ^{NS}	8.1 ^{**}	49.6	29.5	65.6 [*]
	Barnyard millet	2017-2018	9.1	55.6	33.3	62.6	5.0	65.8	39.2	58.0
		2019-2020	9.4	58.1	30.4	64.9	5.2	67.0	39.3	57.8
		Average	9.3	56.9	31.9	63.8	5.1	66.4 [*]	39.3 [*]	57.9

¹ CP : Crude protein

² NDF : Neutral detergent fiber

³ ADF : Acid detergent fiber

⁴ TDN : Total digestible nutrient, TDN %=88.9-(ADF %×0.79)

⁵ DM : Dry matter

^{NS} Means in the same column were not significant ($p>0.05$).

^{**} Means in the same column were significantly different at $p<0.01$.

^{*} Means in the same column were significantly different at $p<0.05$.

기를 고려하였을 때 남부지방과 달리 평균기온이 낮은 중부지방에서는 파종시기가 중요한 동계 사료작물과의 원만한 작부체계 설정을 위하여 사료용 벼에 비해 파종 및 수확시기가 상대적으로 자유로운 사료용 피가 안전재배 측면에서 유리 할 것으로 판단된다. 따라서 중부지역 논에서 이탈리아 라이그라스와 연계한 하계 사료작물 간 작부체계로써 연중 생산량이 높은 이탈리아 라이그라스-사료용 벼 조합과 함께 여러 조건들을 고려하였을 때 안전 재배가 가능한 이탈리아 라이그라스-사료용 피 조합도 활용이 가능할 것으로 판단된다.

3. 동계-하계 사료작물의 사료가치

동계 사료작물과 하계 사료작물을 연계한 작부조합에 따른 각 작물의 사료가치는 Table 4와 같다. 이탈리아 라이그라스의 CP, NDF, ADF, TDN 함량은 각각 평균 9.3%, 57.0%, 32.1%, 63.6%으로 나타났으며 하계 사료작물에 따른 차이는 없었다. Kim et al. (2018)은 남부지역 논에서 사료용 벼를 수확 후 재배된 월동작물의 사료가치에 대해 보고하였는데, 파종시기에 따른 이탈리아 라이그라스의 평균 CP 함량은 9.4%, NDF는 56.1%, ADF는 36.1%, TDN은 60.4%로 본 연구결과와 비슷한 결과를 보였다. 하계 사료작물의 CP 함량은 사료용 벼(8.1%)가 사료용 피(5.1%)보다 높게 나타났으며 작물 간의 유의성이 인정 되었다 ($p<0.01$). TDN 함량도 사료용 벼 65.6%, 사료용 피 57.9%로 사료용 벼에서 다소 높게 나타났다($p<0.05$). 본 연구에서 사료용 벼의 영양소 함량은 사료용 벼(남일벼)의 사료가치 평가에서 평균 CP 함량은 6.4%였고, 평균 TDN 함량은 60.7%였다는 Kim et al. (2015)의 연구결과 보다 다소 높았다. 따라서 본 연구결과를

비탕으로 사료가치가 높게 나타난 사료용 벼가 논에서 조사료 생산을 위하여 동계 사료작물 이탈리아 라이그라스와 연계한 이모작 재배를 위한 하계 사료작물로서 활용 가능성이 높은 것으로 판단된다.

IV. 요약

본 시험은 중부지역 논에서 동계 사료작물인 이탈리아 라이그라스와 하계 사료작물을 연계하여 연간 생산성 및 사료가치를 비교하기 위하여 수행하였다. 동계 사료작물인 이탈리아 라이그라스는 코윈어리 품종을 사용하였고, 하계 사료작물로 사료용 벼(영우)와 사료용 피(제주)를 이용하였다. 각각의 작물은 표준재배법을 이용하여 재배하였다. 이탈리아 라이그라스의 평균 초장은 90.6 cm, DM 수량은 7,681 kg/ha, CP 함량은 9.2%, TDN 함량은 63.8%였고, 하계 사료작물에 따른 차이는 나타나지 않았다. 하계 사료작물의 초장은 사료용 피가 사료용 벼 보다 높았고, 유의성이 인정되었다. 하계 사료작물의 DM, CP 그리고 TDN 수량은 사료용 벼가 사료용 피 보다 유의적으로 높게 나타났다. 하계 사료작물의 사료가치 또한 사료용 벼가 사료용 피보다 높게 평가 되었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 중부지역 논에서 사료작물 이모작 재배 시 동계 사료작물인 이탈리아 라이그라스와 연계한 하계 사료작물로서 수량성과 사료가치가 높았던 사료용 벼가 활용성이 높을 것으로 판단된다. 또한 노동력 절감 및 안전성 재배 측면에서 볼 때 사료용 피도 활용 가능성이 있을 것으로 사료된다.

V. 사사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(연구과제명 : 논에서 사료작물 및 자생 사료자원을 이용한 작부체계 기술 개발, 과제번호 : PJ01350601) 지원에 의해 연구되었다.

VI. REFERENCES

- Association of Official Analytical Chemists(AOAC). 1995. Official method of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Wasington D.C., USA.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. Agriculture handbook. U.S. Government Print Office, Wasington D.C., USA.
- Holland, C., Kezar, W., Kautz, W.P., Lazowski, E.J., Mhanna, W.C. and Reinhart, R. 1990. The pioneer forage manual-A nutritional guide. Pioneer Hi-Bred International, Inc., Des Moines, Iowa, USA.
- Ji, H.C., Kwon, O.D., Kim, W.H., Lim, Y.C., Cho, J.H. and Lee, K.W. 2011. Selection of pasture species at paddy field in Southern region of Korea. *Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science*. 31(2):113-118.
- Kim, J.G., Liu, C., Zhao, G., Kim, H.J., Kim, M.J., Kim, C.M. and Ahn, E.K. 2018. Study on the forage cropping system linked to whole crop rice and winter crop in Southern region. *Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science*. 38(4):202-209.
- Kim, J.G., Park, H.S., Lee, S.H., Jung, J.S. and Ko, H.J. 2015. Effect of seeding methods and nitrogen fertilizer rates on the forage quality and productivity of whole crop rice. *Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science*. 35(2):87-92.
- Kim, M.J., Choi, G.J., Yook, W.B., Lim, Y.C., Yoon, S.H., Kim, J.G., Park, H.S. and Seo, S. 2007. Effects of seeding method on the winter survival, dry matter yield and nutrient value of Italian ryegrass in paddy field. *Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science*. 27(4):269-274.
- Kim, W.H., Shin, J.S., Lim, Y.C., Seo, S., Kim, K.Y. and Lee, J.K. 2005. Study in the promising double cropping system of summer and winter forage crop in paddy field. *Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science*. 25(4):233-238.
- Kim, Y.J., Jung, J.S. and Choi, K.C. 2016. Effect of different fertilizer levels, split application rate, and seeding methods on dry matter yield and forage quality of italian ryegrass in early spring in paddy field. *Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science*. 36(4):303-308.
- Lee, H.J., Byeon, J.E., Hwang, S.G. and Ryoo, J.W. 2020. Change of dry matter yield and feed values according to different growth stages of Italian ryegrass and triticale cultivated in the Central Northern region. *Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science*. 40(1):50-56.
- Lee, S.T., Seong, D.G., Nam, J.U., Kim, Y.G., Choe, Y.J. and Hong, G.P. 2018. Selection of forage millet varieties and forage yield during the seedling stage. *Proceedings of the Korean Society of Crop Science Conference*. p. 99.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA). 2021. Statistic of forage supply and demand in 2020.
- Na, S.Y. and Ji, H.J. 2011. Selection of silage corn hybrids for paddy field in Chungnam region. *Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science*. 31(4):353-360.
- Rural Development Administration(RDA). 2010. Methods of soil chemical analysis. Rural Development Administration, Suwon, Republic of Korea.
- Shin, J.S., Jeon, J.G., Lee, S.B., Kim, W.H., Yoon, S.H., Lee, J.K., Kim, J.G., Jung, M.W., Seo, S. and Lim, Y.C. 2008. Effect of drainage culvert spacing on forage crops production in poorly drained paddy field converted to upland crop. *Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science*. 28(4):301-306.
- Song, T.H., Park, T.I., Kang, H.J., Park, H.H., Han, O.K., Cho, S.K., Oh, Y.J., Jang, Y.W., Roh, J.H. and Park, K.G. 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 Korea Society of Grassland and Forage Science*. 34(2):87-93.

(Received : June 18, 2021 | Revised : June 19, 2021 | Accepted : June 23, 2021)