

Research Article

정치식 원적외선 건조기를 이용한 수수x수단그라스 교잡종의 건초 조제 기술 연구

김종근^{1,2,*}, 김현래², 이원진², 유영상¹, 이연분¹, 왕리리¹

¹서울대학교 국제농업기술대학원, ²서울대학교 그린바이오과학기술연구원

Hay Preparation Technology for Sorghum × Sudangrass Hybrid Using a Stationary Far-Infrared Dryer

Jong Geun Kim^{1,2,*}, Hyun Rae Kim², Won Jin Lee², Young Sang Yu¹, Yan Fen Li¹ and Li Li Wang¹

¹Graduate School of International Agricultural Technology, SNU, Pyeongchang 25354, Korea

²Research Institute of Eco-friendly Livestock Science, GBST, SNU, Pyeongchang 25354, Korea

ABSTRACT

This experiment was conducted to confirm the possibility of preparing Sorghum×sudangrass hybrid artificial hay using far-infrared rays in Korea. The machine used in this experiment is a drying device based on far-infrared rays, and is designed to control temperature, air flow rate, far-infrared radiation amount, and air flow speed. The Sorghum×sudangrass hybrids harvested in late September were wilted in the field for one day, and a drying test was performed on them. Conditions for drying were performed by selecting a total of 7 conditions, and each condition induced a change in radiation amount in a single condition (42%) and two steps (4 treatments) and three steps (2 treatments). The speed of the air flow in the device was fixed at 60 m/s, and the run time was changed to 30, 60, and 90 minutes. The average dry matter (DM) content was 82.84%. The DM content was 59.94 and 76.91%, respectively, in drying conditions 1 and 3, which were not suitable for hay. In terms of drying rate, it was significantly higher than 80% in the 5, 6 and 7 treatment, and power consumption was slightly high with an average of 5.7 kw/h. As for the feed value according to each drying condition, the crude protein (CP) content increased as the drying time increased, and there was no significant difference between treatments in ADF, NDF, IVDMD and TDN content. In terms of RFV, treatment 1, which is a single condition, was significantly lower than the complex condition. Through the above results, it was determined that the drying conditions 4 and 5 were the most advantageous when considering the drying speed, power consumption, and quality.

(Key words: Dryer, Far-infrared, Hay, Sorghum×sudangrass hybrid, Quality)

I. 서론

수수x수단그라스 교잡종은 옥수수과 더불어 우리나라에서 많이 재배되는 여름철 사료작물이다. 사일리지용 옥수수보다 더 고온을 요구하는 열대성 작물로 재배면적은 약 2만5천ha로 최근에는 사일리지용 옥수수보다 재배면적이 더 넓은 실정이다(Choi et al., 2017). 수수류는 크게 3종류로 분류하고 수수 교잡종, 수단그라스 교잡종 그리고 수수x수단그라스 교잡종으로 나누고 있으며 수수x수단그라스 교잡종은 건초와 사일리지 생산에 모두 이용이 가능한 장점이 있다(Undersander, 2003). 우리나라에서는 최근 라운드베일 사일리지 조제 시스템의 보급으로 사일리지용 옥수수보다 수수x수단그라스 교잡종을 재배하여 사일리지 조제 작업을

하고 있어 재배면적이 증가하고 있다(Kim et al., 2009).

국내산 조사료는 1990년대 후반 원형근포 사일리지 조제 시스템의 도입과 더불어 대부분 사일리지 형태로 저장되어 유통되고 있다. 이런 형태의 유통은 물류 비용을 높이고 내부의 품질에 대하여 개봉 전까지는 알 수가 없어 생산자와 소비자간의 분쟁이 지속적으로 발생하고 있는 실정이다. 또한 대부분의 낙농농가와 대형소비처인 TMR 공장 등에서는 국내산 조사료의 높은 수분함량으로 인해 사용을 기피하고 있다(Jeong, 2021). 따라서 이런 문제의 해결을 위해 건초 이용에 대한 요구가 지속적으로 나오고 있으나 국내에서의 건초 조제는 다양한 이유로 늘지 않고 있어 이에 대한 기술적인 연구가 필요하다.

연간 약 100만톤 내외의 조사료가 해외로부터 수입되고 있

*Corresponding author: Jong Geun Kim, Graduate School of International Agricultural Technology and GBST, Seoul National University, Pyeongchang 25354, Korea.
Tel: +82-33-339-5728, E-mail: forage@snu.ac.kr

며 정부에서 무분별한 도입을 막기 위해 시장접근물량을 설정하여 관리를 하고 있지만 혼합 조사료 형태로 약 50만톤 내외가 편법으로 도입되고 있다(Kim, 2021). 또한 2024년부터 수입 건조 시장이 개방되면 국내산 조사료의 사용 비율이 줄어들 것으로 전망을 하고 있어 이에 대한 대비책이 수립되어야 한다.

국내에서의 건조 생산을 위한 연구는 다양하게 추진되어 왔다. 주로 태양 건조를 통하여 양질의 건조를 생산하려는 연구(Kim et al., 2016; Li et al., 2017; Li et al., 2019; Kim et al., 2020)로 기계에 의한 건조 기술 개발 연구는 시작 단계이다. 일부 열풍 건조기를 활용한 건조 제어 시스템 연구가 국내 연구기관에서 추진되고 있으며 원격외선을 이용한 건조 시스템 연구는 일부 대학을 중심으로 수행되고 있다(Kim et al., 2022a; 2022b). 따라서 본 연구는 새로운 건조 제어 시스템 개발 연구의 일환으로 이탈리아 라이그라스 및 알팔파에 이어 수수×수단그라스 교잡종에 대하여 정치식 원격외선 건조 시스템을 활용한 건조 제어 기술을 확립하고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 원격외선 건조 시스템의 구성

원격외선을 이용하여 조사료를 건조하기 위한 건조 시스템은 Kim et al. (2022)이 사용한 기기와 동일한 조건으로 시스템을 구성하였다. 즉, 원격외선 발생장치, 원격외선 열량 조절부, 제트기류 발생부, 온도조절장치 및 제어-계측부로 나누어서 구성을 하였다.

원격외선의 발생은 석영히터(500WATT T3 QUARTZ HEATER)를 활용하여 시스템에 적용하였으며 히터에서 발생하는 열량의 조절은 1~99%범위를 1%단위로 조절토록 디지털 제어를 할 수 있도록 하였다. 원활한 수분의 건조를 위해 모터를 이용하여 제트기류를 발생토록 하였으며 25 m/sec의 속도를 낼 수 있도록 하였다. 원격외선의 열량은 쪼이는 조사거리에도 영향을 받을 수 있어 400~640 mm의 범위에서 25 mm단위로 조절이 가능하도록 하였다. 제어-계측부는 원격외선 조사량, 건조시간 및 기류 온도, 조사거리 등을 종합적으로 조절할 수 있도록 하였다. 본 시제품은 (주)한국에너지기술의 협조를 받아 제작을 하였다.

2. 건조를 위한 사료작물의 수확

본 시험을 위한 수수×수단그라스 교잡종은 서울대학교 평창캠퍼스의 포장에서 대규모로 재배된(약 2ha) 것으로 ‘Jumbo’ 품종을 2021년5월 15일에 파종하였으며 파종량은 90kg/ha로 하였고 시비량은 N-P₂O₅-K₂O 기준으로 200-150-150kg/ha를 포장 전면 에 살포하였다. 시험을 위한 수수×수단그라스 교잡종의 수확은 2021년 9월 30일에 하였으며 수확당시의 생육상태와 수량은 Table 1에서 보는 바와 같다.

3. 이탈리아 라이그라스 시료 건조

수확된 이탈리아라이그라스는 실내에 있는 정치식 원격외선 건조장치로 옮겨 건조 시험을 수행 하였다. 정치식 건조장치에서의 최적 건조조건 탐색을 위해 원격외선 방사량, 기류온도, 기류 속도 그리고 건조시간을 변경하였다. 원격외선 방사량은 기류 기준으로 하여 42, 43 및 45%로 조절을 하였으며 기류온도는 65℃로 설정하여 고온으로 인한 단백질 변성을 방지하였다. 기류의 속도는 40, 50 및 60 m/s로 조절토록 하였고 건조시간은 20분, 25분 및 30분의 단일 조합으로 구성하였다. 각각의 조건에 따른 전력량은 시중에 판매되는 전력계를 사용하여 측정하였다.

4. 사료가치 분석

건조 전 및 건조 후의 수수×수단그라스 교잡종에 대한 건물 함량 측정은 열풍 건조기를 이용하였다. 자체 보유중인 65℃ 순환식 송풍건조기에서 72시간 건조한 후 수수×수단그라스 교잡종의 건물함량을 조사하였다. 사료가치 분석을 위한 시료는 65℃ 순환식 송풍 건조기 내에서 72시간 이상 건조시킨 시료를 전기믹서로 1차 분쇄 후 20 mesh mill로 다시 분쇄한 후 이중마개가 있는 플라스틱 시료통에 넣고 직사광선이 들지 않는 곳에 보관하여 분석에 이용하였다.

조단백질 함량은 Dumas (1831)법에 의거하여 질소함량을 구한 후 단백질 계수 6.25를 곱하여 산정하였고, NDF(neutral detergent fiber) 및 ADF (acid detergent fiber) 함량은 Goering and Van Soest (1970)법에 따랐으며, TDN(total digestible nutrient) 함량은 Holland et al.(1990)에 의거 ADF 함량으로 추정하여 (TDN % = 88.9 - (0.79 × ADF %)) 공식에 의해 계산하였다. 또한 RFV (relative feed value)는 ADF 함량으로 DDM

Table 1. Sample condition of Sorghum×sudangrass hybrid for drying

Growth stage	Plant height (cm)	Dry matter content (%)	Yield (kg/ha)	
			Fresh	Dry
Heading stage	258	23.18	62,096	14,394

(digestible dry matter)을 추정하였고(% DDM = 88.9 - (ADF % × 0.779)), NDF 함량으로 DMI (dry matter intake)를 산정한 후 (% DMI = 120 / NDF %) RFV 값을 산출하였다(RFV = (% DDM × % DMI) / 1.29). *In vitro* 건물소화율(IVDMD)은 Tilley and Terry법(1963)을 Moore (1970)가 수정한 방법을 사용하였다. 시험에 쓰인 위액은 평소 조사료를 자유채식 한 한우에서 아침 사료를 급여하기 전에 채취하여 이용하였다.

5. 통계처리

각각의 data에 대한 통계적 분석은 SAS Package program (Ver. 6. 12, 2003)을 이용하여 처리별 분산분석을 수행하였고, 처리 평균의 비교는 최소 유의차검정(LSD)을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 건조 조건의 설정

수수x수단그라스 교잡종 건조를 위한 원적외선 건조 장치의 건조 조건은 Table 2에서 보는 바와 같다. Kim et al.(2022a:

2022b)의 연구에서와 같이 방사율, 온도, 풍량 및 운용시간이 조절 가능한 control panel이 부착된 정치식 건조장치를 활용하여 수행되었다. 원적외선 방사량은 단일 조건으로 42%의 처리와 30분의 운용시간을 대조구로 하였고, 36~40% 사이의 4개 복합조건(2단계 변화)을 두고 각각 30분씩 총 60분을 운영하였다. 3단계로 된 복합조건은 46에서 38%까지의 변화와 47~42%까지의 변화를 두는 두 가지 처리를 두었고 운용시간은 각각 30분씩 총 90분으로 하였다. 전체 처리의 온도는 단백질의 변성(Maillard reaction) 반응을 막기 위해 65℃ 이하로 설정하였다. 한편 Kim et al. (2022a; 2022b)의 연구에서 이탈리아라이그라스는 줄기가 연하고 가늘어 단일 건조조건을 처리하였고 알팔파는 줄기가 굵어 3단계로 된 복합조건으로 수행하였다. 본 시험에서도 수수x수단그라스 교잡종은 대가 굵어서 단일 조건보다는 복합 조건이 더 유리한 것으로 판단되어 건조 처리에 단일 조건을 대조구로 하여 다양한 복합 조건을 구성하였다.

2. 조건에 따른 건조 및 전력량

수수x수단그라스 교잡종의 건조 조건에 따른 건조 후의 건물 함량은 Table 3에서 보는 바와 같다. 건조 전에는 평균 33.54%의

Table 2. Drying conditions of far-infrared dryer

Treatment	Drying condition			
	Emission rate (%)	Temperature (℃)	Wind speed (m/s)	Run time (min.)
1	42	65	60	30
2	40-36	65-61	60	30-30
3	40-36	65-61	60	30-30
4	44-40	65	65	30-30
5	46-42	65	65	30-30
6	46-42-38	65	60	30-30-30
7	47-44-42	65	60	30-30-30

Table 3. Initial and final DM(dry matter) and wattage by drying condition of Italian ryegrass

Treatment	Initial DM (%)	Final DM (%)	Electricity (kw/h)	Remark
1	31.20	59.94	2.7	
2	32.85	83.11	4.7	Same condition
3	33.61	76.91	4.6	
4	35.14	84.79	5.6	
5	33.28	87.80	5.8	
6	34.84	92.07	8.0	
7	33.85	95.55	8.4	
Mean	33.54	82.84	5.7	
LSD(p<0.05)	NS	2.09	0.02	

* NS : not significant.

건물함량 나타내었으나 건조 후에는 평균 82.84%로 나타났다. 조사료 내 건물함량이 80% 이상을 일반적으로 건조로 분류하고 있는데(Pitt, 1991) 1번 및 3번 처리구에서는 적절한 수준에 도달하지 못하였다(59.94% 및 76.91%). 3번 처리구는 2번과 같은 조건이었지만 83.11%를 나타내어 2번 및 3번 건조 조건은 안정적인 건조 생산에 어려움이 있는 것으로 판단되었다.

한편 4, 5, 6 및 7번 건조 조건에서는 건물함량이 84.79~95.55%로 나타나 모든 조건에서 건조 조제가 가능하였다. 따라서 방사량을 40% 이상(44~40% 또는 46~42%)으로 높이고 60분 이상 건조를 하는 것이 안전한 수수×수단그라스 교잡종 건조를 만들 수 있는 것으로 판단된다. Kim et al. (2022a)의 알팔파 연구에서는 최소 60분 이상 건조를 했을 때 안정적인 건조 수분함량(20% 이내)에 도달하는 것으로 나타났다.

원적외선 건조 장치를 운용함에 있어 생산비를 추정할 수 있는 전력소비량을 보면 단일 조건에서 가장 적은 2.7kw/h가 소비되었으며 복합조건으로 건조시간이 길어짐에 따라 전력소비량은 증가하는 것으로 나타났다. 특히 3단계 조건에서는 8.0~8.4kw/h의 전력이 소비되어 4 및 5번 건조조건에서 더 낮은 전력소비로 안정적인 건조를 만들 수 있는 것으로 나타나 4 및 5번 건조 조건이 적극 추천된다.

한편 Kim et al. (2022a; 2022b)은 이탈리아라이그라스와 알팔파의 건조 조제 시험에서 같은 기기로 수행된 전력소비량이 이탈리아라이그라스는 1.6~1.9 kw/h이었고 알팔파는 4.7 Kw/h로 나타났다고 보고 하였다. 본 시험의 수수×수단그라스 교잡종은 더 많은 전력 소비량이 조사되었는데 이는 알팔파나 이탈리아라이그라스보다 줄기 부분이 굵어 건조에 더 많은 에너지가 소모되

었던 것으로 보여진다.

정식식 건조 장치의 건조 조건별 수수×수단그라스 교잡종의 건조율은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 7번 건조 조건에서 가장 높은 건조율(93.28%)을 나타내었으며 1번 처리구에서 가장 낮았다(41.34%). 3번 처리구도 65.22%로 낮은 편이었으며 2번 및 4번 처리구에서는 유의적인 차이가 없었다($p>0.05$). 5번, 6번 및 7번 처리구는 처리간에 유의적인 차이가 있었지만($p<0.05$), 전체적으로 80% 이상의 건조율을 나타내었고 최종 건물함량에 있어서도 80% 이상 높게 나타났다. 한편 Kim et al. (2022b)의 이탈리아라이그라스 연구에서 건조율은 건조시간에 가장 큰 영향을 미친다고 보고 하였는데 본 시험에서도 60분 및 90분으로 건조시간이 길어질수록 건조율이 높아지는 결과를 나타내었다.

3. 조건에 따른 건조 품질

정식식 장치의 건조 조건에 따른 건조의 사료적 가치는 Table 4에서 보는 바와 같다. 조단백질 함량은 평균 11.33%이었고, 평균 ADF, NDF, IVDMD, TDN 및 RFV값은 41.05%, 61.28%, 65.77%, 56.47% 및 86으로 나타났다. 건조 조건에 따른 조단백질 함량은 1번 처리구에서 가장 낮았고 6번 처리구에서 가장 높았다($p<0.05$). 그러나 나머지 처리에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 한편 열풍 건조시에는 원적외선 건조보다 조단백질 함량이 낮게 나타났다(10.74%).

ADF 및 NDF 함량에서는 처리간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 건조시간이 길어짐에 따라 함량이 줄어드는 것으로 나타났다. *In vitro* 건물 소화율 및 TDN 함량도 처리간에 유의성은 없었으나 건조시간이 길어진 처리구에서 다소 높게 나타났다.

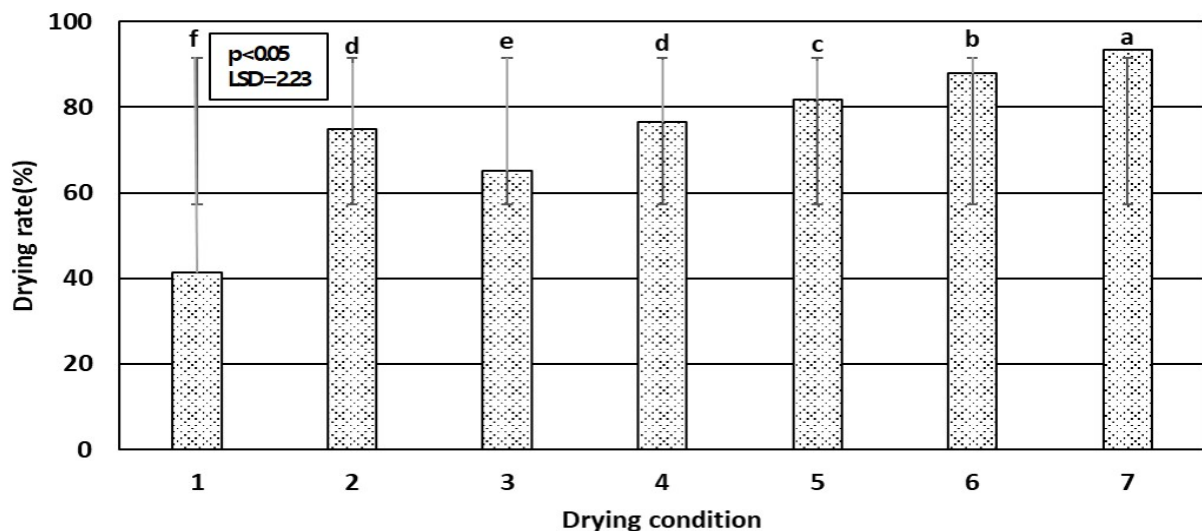


Fig. 1. Drying rate according to drying conditions of Italian ryegrass. ^{a-f} Means in the figure with different superscripts are significantly different ($\alpha 0.05$).

Table 4. Forage quality according to drying conditions of Italian ryegrass

Treatment	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	IVDMD (%)	TDN (%)	RFV
Before drying	11.37	40.92	61.48	65.76	56.57	86
Hot air drying	10.74	41.83	62.52	64.87	55.85	84
1	10.07	42.94	62.87	64.08	54.98	82
2	11.24	41.27	61.07	65.14	56.30	86
3	10.84	41.03	61.37	65.68	56.49	86
4	11.86	40.17	61.27	66.07	57.17	87
5	11.83	40.26	60.46	66.52	57.09	89
6	12.08	40.06	60.07	66.97	57.25	89
7	11.94	40.94	60.37	66.83	56.56	88
Mean	11.33	41.05	61.28	65.77	56.47	86
LSD ($p<0.05$)	1.22	NS	NS	NS	NS	5.9

* NS : not significant, CP (crude protein), ADF (acid detergent fiber), NDF (neutral detergent fiber), IVDMD (*in vitro* dry matter digestibility), TDN (total digestible nutrient), RFV (relative feed value).

한편 사료적 가치를 표현하는 RFV(상대사료가치) 값은 평균 86으로 높은 편이 아니었으며 대조구(1번 처리)는 5번, 6번 및 7번 처리구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다.

IV. 요약

본 시험은 원적외선을 이용한 수수×수단그라스 교잡종 인공건조의 조제 가능성을 확인하기 위해 수행되었다. 본 시험에 사용된 기계는 원적외선을 기본으로 하는 건조 장치로 온도, 송풍량, 원적외선 방사량 및 기류 속도를 조절할 수 있도록 설계되었다. 9월 하순에 수확한 수수×수단그라스 교잡종을 1일간 포장에서 예건을 하였고 이를 대상으로 실시 건조 시험을 수행하였다. 건조를 위한 조건은 전체 7개의 조건을 선택하여 수행하였으며 각각의 조건은 단일 조건(방사율 42%) 및 2단계(4처리) 및 3단계(2처리) 방사율 변화를 유도하였다. 기기내의 기류의 속도는 60m/s로 고정하였고 건조시간은 30, 60 및 90분으로 변화를 주었다. 평균 건물함량은 82.84%로 나타났으며 1번 및 3번 건조조건에서는 수분함량이 각각 59.94 및 76.91%로 나타나 건조에는 적합하지 않았다. 건조율에 있어서는 5번, 6번 및 7번 처리구에서 80% 이상으로 유의적으로 높게 나타났으며 전력 소비량은 평균 5.7kw/h로 다소 높게 나타났다. 각각의 건조 조건에 따른 사료가치는 조단백질 함량은 건조시간이 길어질수록 높게 나타났으며 ADF, NDF, IVDMD 및 TDN 함량에 있어서는 처리간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. RFV에 있어서는 단일 조건인 1번 처리구가 복합 조건보다 유의적으로 낮게 나타났다. 이상의 결과를 통하여 건조 속도, 전력량, 품질 등을 고려할 때 4번 및 5번 건조조건이 가장 유리한 것으로 판단되었다.

V. 사사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원 (축산현안대응산업화 기술개발사업)의 지원을 받아 연구되었음(No. 121036-02-1-SB010).

VI. REFERENCES

- Choi, G.J., Lee, S.H., Lee, K.W., Ji, H.C., Hwang, T.T. and Kim, K.Y. 2017. Comparison of growth characteristics, productivity and feed values between varieties of sudangrass and sorghum-sudangrass hybrids. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 37(1):92-99. <https://doi.org/10.5333/KGFS.2017.37.1.92>
- Dumas, A. 1826. *Annales de chimie*. 33:342.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agric. Handbook 379*, U.S. Government Print Office. Washington, D.C.
- Holland, C., Kezar, W., Kautz, W.P., Lazowski, E.J., Mahanna, W.C. and Reinhart, R. 1990. *The pioneer forage manual; A nutritional guide*. Pioneer Hi-Bred International. INC. Des Moines. IA. pp. 1-55.
- Jeong, J.S. 2021. The current status and problems of domestic forage production and distribution. *Proceedings of 2021 Symposium and Conference of Korean Society of Grassland and Forage Science*. pp. 23-42.
- Kim, J.D., Kwon, C.H., Kim, J.G., Kim, C.H., No, H.G., Yoon, Y.M. and Lee, J.K. 2009. *Forage production and utilization*. Shinkwang Publishing Co. Seoul. Korea.
- Kim, J.G., Kim, H.R. and Jeong, E.C. 2022. Study on hay preparation

Sorghum×sudangrass hybrid Drying Using Far-Infrared Ray

- technology for alfalfa using stationary far-infrared dryer. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 42(2):73-78. doi:10.5333/KGFS.2022.42.2.73
- Kim, J.G., Yu, Y.S., Li, Y.F., Wang, L.L. and Kim, H.R. 2022. A study on hay preparation technology for italian ryegrass using stationary far-infrared dryer. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 42(4):258-263. doi:10.5333/KGFS.2022.42.4.258
- Kim, J.H., Choi, K.C., Kim, H.S. and Park, H.S. 2016. Effect of conditioner types and tedding times on drying rate of on tall fescue hay. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 36(4):298-302. doi:10.5333/KGFS.2016.36.4.298
- Kim, J.H., Park, H.S. and Choi, K.C. 2020. Effect on different yields of drying rate of italian ryegrass hay making during spring season. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 40(4):216-220.
- Li, Y.W. and Kim, J.G. 2017. Effect of cutting height on the feed value and drying rate of rye (*Secale cereale* L.) hay. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 37(3):201-207. doi:10.5333/KGFS.2017.37.3.201
- Li, Y.W., Zhao, G.Q., Liu, C., Wei, S.N., Kim, H.J. and Kim, J.G. 2019. Effect of tedding time and frequency on the feed value and drying rate of rye (*Secale cereale* L.) hay. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 39(3):171-177. doi:10.5333/KGFS.2019.39.3.171
- Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. University of Florida, Department of Animal Science.
- Pitt, R.E. 1991. Hay preservation and hay additive products. In: K.K. Bolsen, J.E. Baylorand and M.E. McCullough (Eds.), Fieldguide for hay and silage management. National Feed Ingredients Association.
- Tilley, J.M.A. and Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Journal of British Grassland and Forage Science. 18(2):104-111. doi:10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
- Undersander, D. 2003. Sorghums, sudangrasses, and sorghum×sudangrass hybrids. Focus on Forage. 5(5):1-3.

(Received : March 09, 2023 | Revised : March 24, 2023 | Accepted : March 24, 2023)