

Research Article

사료작물로서 국내 재래종 단수수의 생육 특징 및 사료가치 평가

최현식¹, 성하균^{2*}

¹황성군농업기술센터

²상지대학교 동물자원학과

Evaluation of Growth Characteristics and Feed Value of Korean Native Sweet Sorghum as Forage Crop

Hyun-Sik Choi¹ and Ha Guyn Sung^{2*}

¹Hoengsung-gun Agricultural Technology Center, Hoengsung-gun, Gangwon-do, Korea, 25208

²Dep. of Animal Science, Sangji University, Wonju, Gangwon-do, Korea, 26339

ABSTRACT

This study was to evaluate the values of Korean native sweet sorghum as a new feed crop for ruminants. Sweet sorghum was the Muang native species (Bioenergy Crop Research Center, National Institute of Crop Science), and cultivated from May to October 2021 at Sangji University (Wonju-si, Gangwon-do, Korea). There were a non-treated group (Con), a recommended amount treatment (RD) and a treatment with double the recommended amount (Double RD) by an oil cake fertilizer. Plant height was measured at weekly intervals for 12 weeks after planting sweet sorghum seedlings, and was a significant difference in the order of Double RD, followed by RD and Con in 7 weeks ($p < 0.05$). Feed values and sugar contents were measured in 7, 9, and 11 weeks. Crude protein of Double RD was higher than that of the other treatments in 7 and 9 weeks ($p < 0.05$). Crude fat was higher at Double RD than the other one in 9 weeks ($p < 0.05$). ADF and NDF of Double RD were higher than the other one ($p < 0.05$). When it was compared to corn and sudangrass hybrids grown on farms, Crude protein was lower in sweet sorghum than other crops ($p < 0.05$), and crude fat was higher in sweet sorghum than corn ($p < 0.05$). Crude fiber, ADF and NDF were higher in sweet sorghum compared to corn and sudangrass ($p < 0.05$). The sugar contents of sweet sorghum were $4.07 \pm 0.12 \sim 7.63 \pm 0.21$ brix, and showed higher than corn and sudangrass hybrid ($p < 0.05$). The rumen *in situ* digestibility of sweet sorghum was 30.73~38.13% at the 9th and 11th weeks, and showed higher than that of corn and sudangrass hybrids ($p < 0.05$). Therefore, it is considered that Korean native sweet sorghum has sufficient value as a new forage crop for ruminants, and good value as yield, nutrients and digestibility, when the grass height is 273.33~332.50 cm.

(Key words: *In situ* digestibility, Korean native sweet sorghum, Rumen, Sugar content)

I. 서론

국내산 조사료 자급률은 최근 10년간 80% 내외로 정체된 상황으로 조사료 재배면적은 과거에 비하여 증가하였으나, 반추동물의 사육두수 증가, 자급 조사료 생산의 한계성, 수입 조사료 선호 현상 및 국제 시장 환경의 변화로 인하여 조사료 확보를 위한 경제적 부담이 증가하고 있다(MAFRA, 2021). 한우 농가의 경우 수입품과 국내산 조사료 비율이 3:7 정도로 국내산 조사료 사용이 높으나, 볏짚 50.5%, 국내산 건초 15%, 수입산 건초 12.5% 및 TMR 10.7% 순으로 볏짚의 사용 비중이 높고 양질 조사료의

자급률은 매우 낮은 수준이다(Lee et al., 2022). 따라서 국내산 양질 조사료의 생산 증대를 위하여 사료작물 종류의 다각화를 위한 노력이 필요하다.

또한 한반도의 최고 기온도 지난 100년 동안 연평균 0.12℃씩 상승하였으며 열대야 일수도 10년 단위로 0.9일씩 증가하였다(NIMS, 2018). 이러한 기후변화는 더욱 심화될 것으로 전망되며, 이상기온 현상도 증가하고 있다(Cha et al., 2016; Shim et al., 2018). 그리고 최근 기상이변 현상으로 전 세계적으로 조사료 수급이 불안정한 상황이 자주 발생하고 있다(Park et al., 2022). 이러한 조사료 수급의 어려운 여건 및 국내 기온이 상승하는 기후

*Corresponding author: Ha Guyn Sung, Dept. of Animal Science, Sangji University, Wonju, 26339, Korea
Tel: +82-33-730-0536, Fax: +82-33-730-0594, E-mail: haguyn@hanmail.net

환경 조건에서 국내 자급 조사료 생산 확대를 위하여 지역 환경에 적합한 새로운 국내 토착 사료작물의 발굴이 필요하다.

국내 생산 단수수는 1965년부터 부족한 당분을 해결하기 위해 당원료 작물로 단수수 육종 및 재배 연구가 수년간 연구된 바 있으며, 바이오에탄올 발효생산을 위한 중요한 원료작물로 부각되면서 2008년부터 정부는 녹색성장을 위한 기술 개발을 목적으로 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터를 중심으로 연구가 재차 추진된 바 있다(Ahn et al., 2012). 단수수[Sorghum bicolor (L.)]는 화본과에 속하는 1년생 C4작물로서 광합성 효율이 매우 높고, 내건성과 지역 적응성이 높은 작물이다(Billa et al., 1997). 사탕수수가 브라질 등 열대지방에서 1년 내내 재배되나, 단수수는 우리나라 기후에서도 재배할 수 있으며, 생육기간도 4개월로 짧아 2기작 또는 동계작물과 연계한 이모작이 가능하고, 옥수수에 비하여 재생력이 왕성하여 2~3회 가능하다. 또한 단수수는 초장이 4 m 정도 자라 조사료로서 수량도 풍부하고, 줄기는 사탕수수와 비슷한 당도를 함유하고 있어 사료작물로서 이용성이 높을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 새로운 사료작물로서 국내 재래종 단수수의 반추동물용 사료 가치를 평가하기 위하여 생육 특성, 영양 성분, 당도 및 반추위 *in vitro* 소화율 분석을 통하여 활용성을 제시하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험 품종 및 실험 설계

본 연구는 상지대학교 조사료연구시험포장 및 Eco-스마트팜 유리온실에서 2021년 5월 1일부터 10월 22일까지 수행되었다. 재래종 단수수는 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소에서 국내 품종 무안재래종을 분양받아 사용하였다. 단수수 재배를 위한 시험포장은 3개 실험구로 처리구별 2.3 × 2.6 m 면적으로 난괴법 3반복으로 포장을 준비하였다. 각 실험포장의 토양성분 분석은 황성군농업기술센터에 의뢰하여 토양검정결과(pH 6.5~7.0, 유기물 20~30 g/kg, 유효인산 150~250 mg/kg, 칼륨 0.45~0.55 cmol+/kg, 칼슘 6.0~7.0 cmol+/kg, 마그네슘 2.0~2.5 cmol+/kg, 전기전도도 2 이하 dS/m)를 받았다. 지역 농가에서는 사료작물 재배시 토양검정결과에 따른 밀거름 권장량보다 1.5~2.0배 사용하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서 시험구는 유박비료를 처리하지 않은 무처리구(Con), 유박비료(질소 4%, 인산 2%, 칼리 1%, 유기물 70% 이상)를 0.25 kg/m² 처리한 권장량구(RD), 유박비료를 0.50 kg/m²을 처리한 권장량의 2배 처리구(Double RD)를 두어 단수수 재배를 수행하였다. 단수수 씨앗을 파종하여(5월 1일) 발아 새싹이 평균 20 cm 정도 자랐을 때(5월 28일) 50

× 25 cm 간격으로 이식하였다. 그리고 재래종 단수수의 영양가는 황성군 농가에서 실제로 재배한 사료작물, 옥수수(광평옥) 및 수단그라스 교잡종(그린스타)과 비교하였다.

2. 생육 조사 항목 및 방법

단수수의 생육 조사를 위하여 모종을 실험포장에 이식 후 일주일 간격으로 12주 동안 처리구별로 초장(cm)과 분지수를 측정하였다. 그리고 이식 후 21주차(10월 22일)에 수확하여 포기당 씨앗 수량을 측정하였다.

3. 사료 영양 성분 및 당도 조사

단수수의 사료가치 평가를 위하여 출수기 무렵부터 3번 각 처리구별 포장에 모종을 이식 후 7, 9 및 11주가 지났을 때 예취하였다. 채취한 샘플은 풍건 후 분쇄하여 수분, 회분, 조단백질, 조지방, 조섬유, ADF, NDF 및 당도를 측정하였다. 수분, 회분, 조단백질, 조지방 및 조섬유는 AOAC (1990) 방법으로 분석하였고, NDF와 ADF 함량은 Van Soest 방법(Van Soest et al., 1991; Goering and Van Soest, 1970)으로 분석하였다. 그리고 당도는 각 처리구별 샘플을 채취 직 후 즙을 내어 당도계(SUGAR-1 PLUS, CAS, China)를 이용하여 측정하였다.

4. 반추위 *in situ* 건물 소화율 분석

In situ 실험은 반추위에 캐놀라가 설치된 550 kg 거세 한우를 사용하였다. 실험동물을 이용한 모든 실험 절차는 대한민국 상지대학교 동물실험연구위원회(SJU-IACUC)의 동물 실험 지침에 따라 수행하였다. 실험 프로토콜은 SJU-IACUC(승인 번호: SJU IACUC-2022-20)에 의해 검토 및 승인받았다.

단수수의 *in situ* DM(dry matter) 소화율 평가를 위하여 출수기 무렵부터 3번, 각 처리구별 포장에 모종을 이식 후 7, 9 및 11주가 되었을 때 예취하여 분쇄하였다. *In situ* 소화율 시험은 nylon bag technique (Mehrez and Orskov, 1977)을 개량하여 100 mesh (0.149 mm) 나일론 천을 9 × 15 cm 크기로 제작한 nylon bag에 4.0 g 정도의 시료를 넣고 입구를 봉하여 준비하였다. 그리고 준비된 nylon bag 시료는 공시축의 rumen fistula를 통하여 반추위 후부 깊숙이 넣어 24까지 방치 후 회수하였다. 회수한 nylon bag은 흐르는 멸균 증류수에 맑은 물이 나올 때까지 가볍게 세척 후 55°C에서 48시간 건조하였다. 그리고 단수수의 *in situ* DM (dry matter) 소화율은 반추위 *in situ* 전과 후의 건물 감량의 백분율로 나타내었다.

5. 통계처리

본 실험에서 얻어진 모든 자료에 대한 통계분석은 Statistical

Package for the Social Sciences (SPSS, 2017)를 이용하였고, 처리 평균치 간의 유의성 분석은 one-way ANOVA에 의거하여 5% 수준에서 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 재래종 단수수의 생육 특성

재래종 단수수의 성장과 분지 발달은 Fig. 1 및 2와 같다. 단수수의 줄기 성장은 이식 후 0~2 주차에는 천천히 성장하였고, 2~

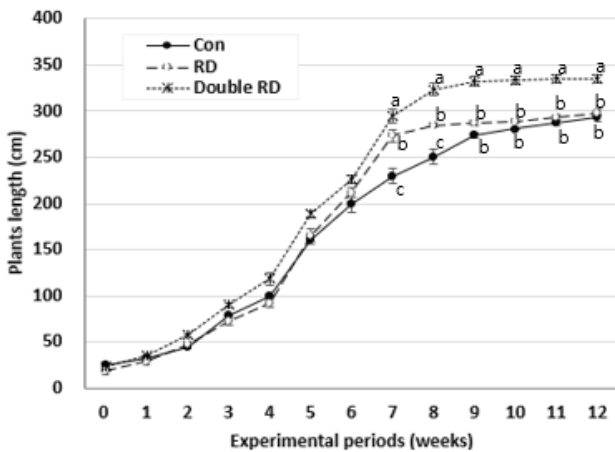


Fig. 1. The growths of sweet sorghum according to the treatment of oil cake fertilizer. ^{a, b, c} means with different superscripts in same week differ significantly ($p < 0.05$). Con: control, RD: recommended dosage, Double RD: double recommended dosage

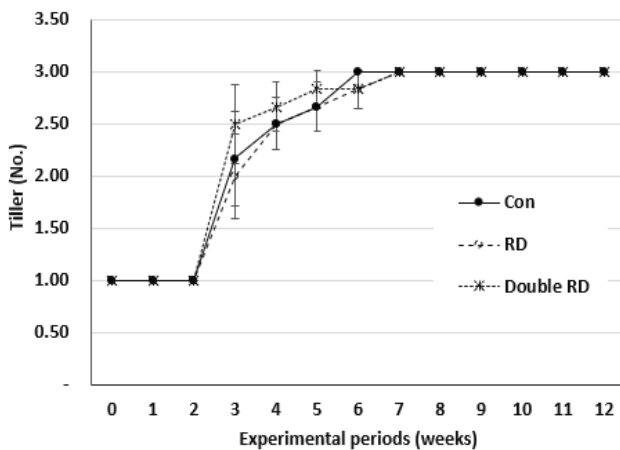


Fig. 2. The number of tiller per plant according to the treatment of oil cake fertilizer. Con: control, RD: recommended dosage, Double RD: double recommended dosage.

3 주차에 성장 폭이 커졌으며, 6~7 주차에는 가장 빠른 성장을 보였고, 8~9 주차 이후에는 두화 및 정체를 나타내었다(Fig. 1). 실험 시작 후 2 주차부터 권장량 2배구(58.43 ± 3.16cm), 권장량구(46.85 ± 7.41cm) 및 무처리구(44.90 ± 5.06cm) 순으로 성장이 빠른 경향을 보였고, 7주차에도 권장량 2배구(295.00 ± 18.92cm), 권장량구(273.33 ± 18.04cm) 및 무처리구(229.17 ± 16.34cm) 순으로 큰 차이를 보였다($p < 0.05$). 그리고 시험 종료 12 주차에도 권장량 2배구가 335.17 ± 9.62cm로 권장량구(298.33 ± 7.39cm) 및 무처리구(292.83 ± 7.90cm)에 비하여 큰 차이를 유지하였다($p < 0.05$). 전체적으로 단수수 성장은 권장량 2배구 > 권장량구 > 무처리구 순으로 좋은 성장을 나타내었다. 단수수의 분지수는 3~6주 사이에 발달하는 경향이었고, 분지수는 권장량 2배구, 무처리구 및 권장량구 순으로 빨리 발달하는 경향을 나타내었다. 그리고 분지수는 7주차 이후에는 모든 실험구가 3.00 ± 0.00개로 동일하였다(Fig 2). 단수수를 이식 후 21 주차(10월 22일)에 수확하여 종실 수량을 측정된 결과는 Fig 3과 같다. 단수수 한 송이당 종자수 및 채종량(g)은 권장량구(3,710.75 ± 159.21, 106.75 ± 18.88)가 가장 많았다($p < 0.05$). 다음으로 권장량 2배구이었고, 무처리구가 가장 낮았으나, 두 처리간 유의성은 발견되지 않았다. 그리고 수확한 씨앗은 권장량 2배구, 권장량구 및 무처리구 순으로 외관상 더 실하고 색도 더 진하였다.

Choi 등(2019^b)은 전북지역에서 파종 시기(4~7월)에 따른 연구에서 모든 처리구의 평균 파종 후 50~60일경부터 생육이 완만해졌으며 평균 236.6 ± 16.6cm 성장하였고, 4월 파종은 224.4~241.0cm 보다 6 및 7월 파종이 각각 249.5 cm 및 264.5 cm로 좀 더 성장을 보였다. 강원도 원주 지역에서 실시한 본 연구는 권장량 2배, 권장량 및 무처리구 실험 8, 7 및 9주차에 각각 323.33,

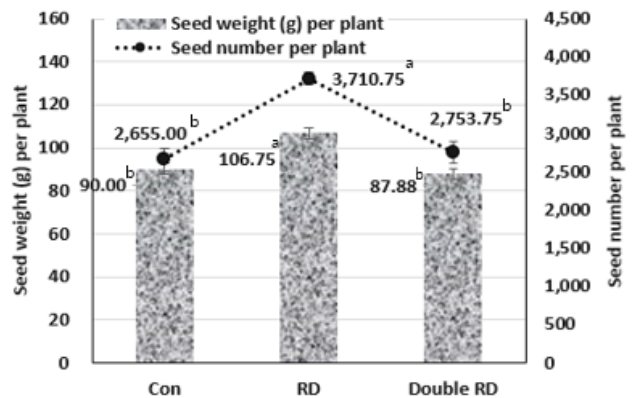


Fig. 3. The weight and number of seed per plant according to the treatment of oil cake fertilizer. ^{a, b} means with different superscripts between treatment differ significantly ($p < 0.05$). Con: control, RD: recommended dosage, Double RD: double recommended dosage

273.33 및 273.33 ± 5.45 cm의 성장을 보인 후 생육이 완만해졌으나, 각각 335.17, 298.33 및 292.83 cm까지 성장하였다. 그리고 Hwang 등(2015)의 연구에서 중부지역에서 성장한 케냐프(홍마 300), 옥수수 (광평옥) 및 수수 × 수단그라스 교잡종(점보)의 초장이 각각 410, 285 및 296 cm이었다. 이상의 결과들을 비교하였을 때 단수수도 강원 지역에서 다른 사료작물 못지않은 성장 특성을 확인할 수 있었다.

2. 재래종 단수수의 영양 성분 및 당도 평가

재래종 단수수의 사료적 영양 가치 평가는 이식 후 7, 9 및 11주차에 수확하여 분석한 결과(건물함량)는 Table 1과 같다. 유박비료 처리와 단수수의 성장에 따른 조단백질 함량은 7 및 9주차에 권장량 2배구(8.91 ± 0.11%, 5.74 ± 0.22%)가 다른 실험구보다 높은 수준을 나타내었고($p < 0.05$), 11주차에는 무처리구(4.96 ± 0.21%)와 권장량 2배구(4.73 ± 0.16%)가 권장량구(4.44 ± 0.16%)보다 높았다($p < 0.05$). 조지방 함량은 9주차에는 권장량 2배구(1.38 ± 0.10%)가 다른 실험구보다 높았고($p < 0.05$), 11주차는 모든 실험구가 0.99~1.05% 수준에 있었다. 조섬유 함량은 7 및 9주차는 권장량 두배구가 각각 31.84 ± 1.12% 및 22.28 ± 0.06%으로 가장 높았고($p < 0.05$), 11주차는 무처리구 및 권장량 2배구(20.62 ± 0.04 및 20.82 ± 0.18%)가 권장량구보다 높았다($p < 0.05$). 조회분 함량

은 7, 9 및 11주차에 무처리구가 가장 높은 수준을 나타내었다 ($p < 0.05$). 샘플 수확 시기에 따른 조단백, 조지방, 조섬유 및 조회분 함량은 모든 처리구에서 7주차 이후에는 감소하였으며, 7주차가 9 및 10주 차보다 높은 함량을 나타내었다($p < 0.05$). ADF는 7, 9 및 11주차에 권장량 2배구가 각각 36.14 ± 0.04, 25.48 ± 0.74 및 23.74 ± 0.59%로 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). NDF도 권장량 2배구가 7 및 9주차(47.55 ± 0.34 및 43.78 ± 0.27%)에서 가장 높았고, 11주차에는 무처리구와 권장량 두배구가 권장량구보다 높았다($p < 0.05$). 샘플 수확 시기에 따른 ADF는 무처리구에서 7 및 9주차가 11주차보다 높았고, 권장량구와 권장량 2배구에서는 7주차가 가장 높았다($p < 0.05$). 그리고 NDF는 모든 처리구에서 7주차 수확한 샘플이 9 및 11주차 보다 높았다($p < 0.05$). Ko 등(1997)은 단수수(Ramiki sorgo)를 경남(4월~9월)에서 재배하였을 때 출수기, 유숙기 및 호숙기의 단백질 함량은 각각 8.78, 8.61 및 7.91%이었고, ADF는 각각 40.84, 40.00 및 37.01%이었으며, NDF는 74.24, 70.29 및 7.91%이었다. 이러한 출수기 이후 단백질 함량, ADF 및 NDF 모두 감소하는 경향은 본 연구의 7주차 이후 성장 기간이 지남에 따라 감소하는 경향과 같았다. 단백질 함량은 본 연구의 7주차의 권장량 2배구와 Ko 등(1997)의 연구 결과가 유사한 수준이었다. 그리고 ADF 및 NDF는 본 연구의 결과가 Ko 등 (1997)의 연구 결과보다 낮은 수준으로 나타났다.

Table 1. The chemical compositions of sweet sorghum according to the treatment of oil cake fertilizer (Unit: %, as dry matter basis)

Composition	Weeks	Con	RD	Double RD
Crude protein	7	5.84 ± 0.07 ^b	5.78 ± 0.03 ^b	8.91 ± 0.11 ^a
	9	4.30 ± 0.11 ^b	3.97 ± 0.04 ^c	5.74 ± 0.22 ^a
	11	4.96 ± 0.21 ^a	4.44 ± 0.01 ^b	4.73 ± 0.16 ^a
Crude fat	7	1.32 ± 0.07	1.27 ± 0.03	1.46 ± 0.23
	9	0.90 ± 0.66 ^b	0.74 ± 0.12 ^b	1.38 ± 0.10 ^a
	11	1.05 ± 0.04	0.86 ± 0.24	0.99 ± 0.01
Crude fiber	7	27.92 ± 0.46 ^b	29.32 ± 0.70 ^b	31.84 ± 1.12 ^a
	9	19.06 ± 0.04 ^b	19.81 ± 0.03 ^b	22.28 ± 0.06 ^a
	11	20.62 ± 0.04 ^b	18.97 ± 0.09 ^a	20.82 ± 0.18 ^b
Crude ash	7	6.91 ± 0.51 ^a	6.90 ± 0.44 ^a	5.94 ± 0.45 ^b
	9	4.91 ± 0.35 ^a	3.98 ± 0.27 ^b	4.22 ± 0.23 ^b
	11	3.85 ± 0.13 ^a	3.58 ± 0.11 ^b	3.47 ± 0.12 ^b
ADF	7	32.33 ± 0.27 ^c	34.47 ± 0.52 ^b	36.14 ± 0.04 ^a
	9	33.13 ± 0.22 ^b	22.27 ± 0.20 ^b	25.48 ± 0.74 ^a
	11	22.71 ± 0.20 ^b	20.68 ± 0.50 ^c	23.74 ± 0.59 ^a
NDF	7	54.10 ± 0.88 ^b	55.44 ± 1.03 ^b	57.55 ± 0.34 ^a
	9	36.98 ± 0.05 ^c	38.53 ± 0.07 ^b	43.78 ± 0.27 ^a
	11	40.85 ± 0.47 ^a	36.51 ± 0.28 ^b	40.28 ± 0.45 ^a

^{a, b, c} means with different superscripts in same row differ significantly ($p < 0.05$). Con: control, RD: recommended dosage, Double RD: double recommended dosage.

Table 2. The comparisons of chemical compositions between sweet sorghum, corn and sudangrass (Unit: %, as dry matter basis)

Composition	Sweet sorghum	Corn	Sudangrass
Crude protein	6.18 ± 0.64 ^c	8.10 ± 0.23 ^b	10.04 ± 0.40 ^a
Crude fat	1.35 ± 0.10 ^a	0.82 ± 0.30 ^b	1.25 ± 0.13 ^a
Crude fiber	29.69 ± 1.97 ^a	22.95 ± 0.99 ^c	27.08 ± 0.02 ^b
Crude ash	6.58 ± 0.55 ^b	4.60 ± 0.42 ^c	8.32 ± 0.32 ^a
ADF	34.31 ± 1.91 ^a	26.85 ± 0.49 ^b	29.38 ± 1.27 ^b
NDF	55.71 ± 1.72 ^a	48.46 ± 1.35 ^b	50.69 ± 0.50 ^b

^{a, b, c} means with different superscripts in same row differ significantly ($p < 0.05$).

Sweet sorghum: average of Con, RD and Double RD at 7 week, Corn: harvested at 110 days, Sudangrass: harvested at 100 days.

또한 재래종 단수수의 영양 성분을 황성군 농가에서 실제로 재배한 사료작물, 옥수수(광평옥) 및 수단그라스 교잡종(그린스타)과 비교하였을 때 Table 2와 같이 조단백질 함량은 수단그라스, 옥수수 및 단수수 순으로 높았다($p < 0.05$). 조지방 함량은 단수수와 수단그라스가 옥수수에 비하여 높게 나타났다($p < 0.05$). 그리고 조섬유, ADF 및 NDF는 단수수가 옥수수 및 수단그라스에 비하여 높았다($p < 0.05$). Hwang 등(2015)은 옥수수(광평옥) 및 수수 x 수단그라스교잡종(점보)을 충남지역에서 90일 재배한 연구에서 단백질은 각각 7.7 및 9.8%, ADF는 각각 25.8 및 43.3%, 그리고 NDF는 각각 45.9 및 63.8% 수준이었다고 보고하였다. 이상의 결과를 볼 때, 국내 재래종 단수수도 단백질 함량은 옥수수나 단수수에 비하여 낮았지만, 조사료로서 충분한 활용성을 갖고 있다고 사료된다.

단수수의 당도는 7, 9, 11주차로 성장함에 따라 모든 실험구가 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 4). 7주차에는 무처리구가

5.50 ± 0.10 brix로 권장량구(4.60 ± 0.17 brix) 및 권장량 2배구(4.13 ± 0.15 brix)에 비하여 높았다($p < 0.05$). 9 및 11주차는 무처리구(6.13 ± 0.21 및 7.63 ± 0.21 brix) 및 권장량구(6.17 ± 0.12 및 7.27 ± 0.12 brix)가 권장량 2배구(4.07 ± 0.12 및 4.67 ± 0.06 brix)보다 높게 나타났다($p < 0.05$). Atokple 등(2014)는 가나에서 sweet sorghum(*Sorghum bicolor*)재배 연구에서 성장단계에 따른 줄기 착즙 당도가 6.2~21.4 brix 수준임을 보고하였고, Choi 등(2019^a)의 단수수(초롱) 재배 연구에서 sucrose 함량이 7.18~9.59% 및 glucose가 1.69~2.16% 수준이었다.

재래종 단수수의 당도를 농가에서 재배한 사료작물, 옥수수(광평옥) 및 수단그라스 교잡종(그린스타)과 비교한 결과는 Fig. 5와 같다. 당도는 단수수가 4.74 ± 0.04 brix로 가장 높았고, 다음으로 옥수수가 3.43 ± 0.03 brix으로 높았으며, 수단그라스가 0.90 ± 0.09 brix로 가장 낮았다($p < 0.05$). Hwang 등(2015)은 케냐프(홍마 300), 옥수수(광평옥) 및 수수x수단그라스(점보)의 당도가 각

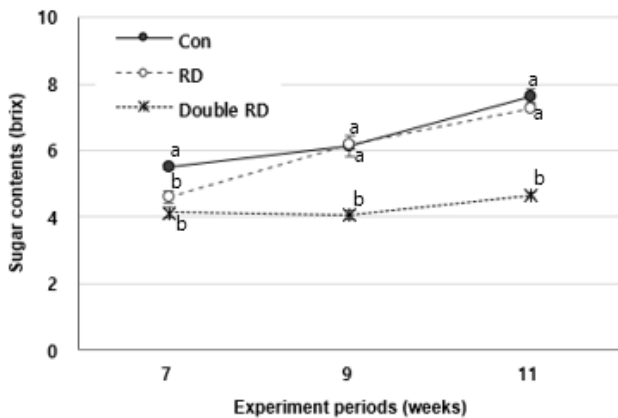


Fig. 4. The sugar contents of sweet sorghum according to the treatment of oil cake fertilizer. ^{a, b, c} means with different superscripts in same week differ significantly ($p < 0.05$).

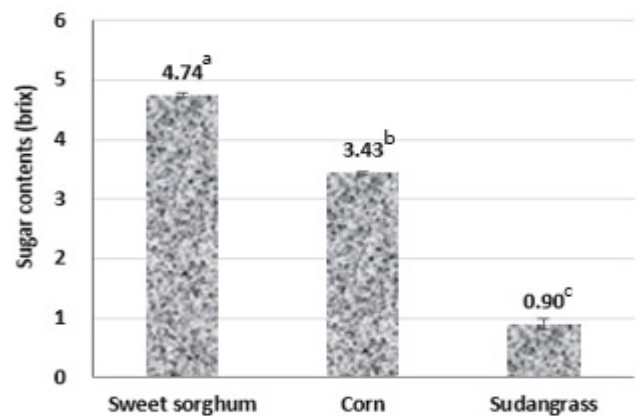


Fig. 5. The comparisons of sugar contents between sweet sorghum, corn and sudangrass. ^{a, b, c} means with different superscripts between feed crops differ significantly ($p < 0.05$). Sweet sorghum: average of Con, RD and Double RD at 7 week, Corn: harvested at 110 days, Sudangrass: harvested at 100 days.

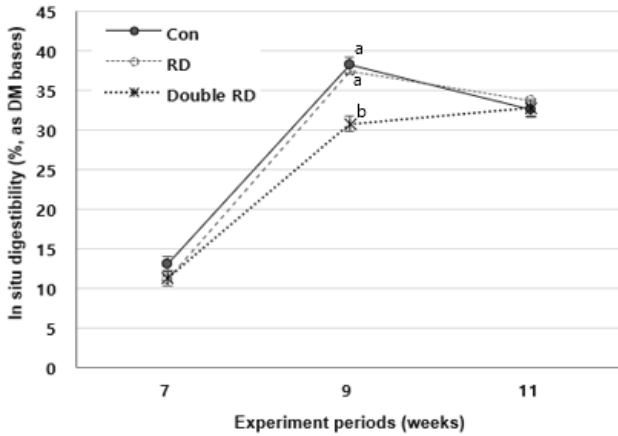


Fig. 6. The *in situ* rumen digestibility of sweet sorghum according to the treatment of oil cake fertilizer. a, b, c means with different superscripts in same week differ significantly ($p < 0.05$).

각 5.0~5.8, 4.0~4.7 및 2.3~2.7 brix 수준이었다고 보고하였다. 이상의 연구 결과를 통하여 국내 재래종 단수수의 당도가 다른 사료작물보다 우수함을 확인할 수 있었다. 당도의 우수성은 기호성 증진에 좋은 영향을 줌으로써 한우의 성장에 도움을 줄 뿐만 아니라 TMR 제조시 품질 향상에 유익할 것으로 사료된다.

3. 재래종 단수수의 반추위 *in situ* 소화율

반추위 *in situ* 소화율은 실험구 모두에서 7주차의 11.12~12.99% 수준에서 9주차 및 11주차에서 30.73~38.13% 수준 범위로 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 6). 실험 9주차에 무처리구($38.13 \pm 0.21\%$) 및 권장량구($37.45 \pm 0.22\%$)가 권장량 2배구($30.73 \pm 0.26\%$)에 비하여 높았다($p < 0.05$). 샘플 수확시기에 따른 *in situ* 소화율은 모든 실험구에서 7주차 보다 9 및 11주차에 많이 증가하였고($p < 0.05$), 9주차 보다 11주차가 다소 감소 경향을 나타내었다. 이러한 수확시기에 따른 *in situ* 소화율 변화는 소화율에 부정적 영향을 주는 조화분, 조섬유 및 NDF 함량 변화의 영향으로 사료된다(Table 1). Fig. 7과 같이 황성군 농가에서 재배한 사료작물, 옥수수(광평옥) 및 수단그라스 교잡종(그린스타)과 단수수의 반추위 *in situ* 소화율을 비교하였다. 단수수는 생산량과 소화율을 고려하여 성장이 정점에 이르는 시기이면서 소화율이 양호한 9주차의 결과를 사용하여 비교하였다. 반추위 *in situ* 소화율은 단수수가 $35.43 \pm 1.36\%$ 로 가장 높았고, 다음으로 옥수수가 $27.79 \pm 1.11\%$ 이었으며, 수단그라스가 $23.91 \pm 0.21\%$ 로 가장 낮았다($p < 0.05$).

Adewakune 등(1989)은 단수수 사일리지, 옥수수 사일리지 및

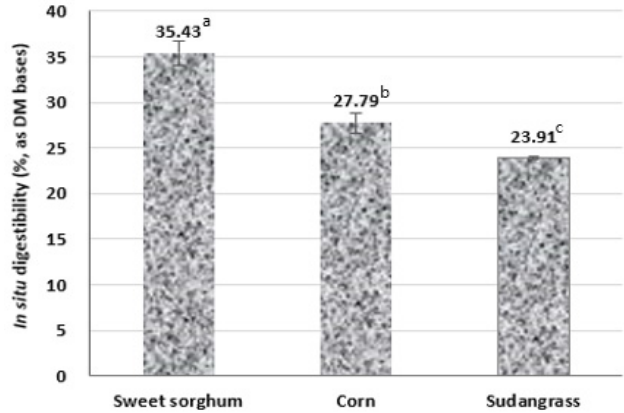


Fig. 7. The comparisons of *in situ* rumen digestibility between sweet sorghum, corn and sudangrass. a, b, c means with different superscripts in sample differ significantly ($p < 0.05$). Sweet sorghum: average of Con, RD and Double RD at 9 week, Corn: harvested at 110 days, Sudangrass: harvested at 100 days.

페스큐 건초를 비육우에게 급여하였을 때 외관상 건물 소화율에 큰 차이를 발견하지 못하였으나($p > 0.05$), 유기물소화율(organic matter digestibilities)은 단수수 사일리지 > 옥수수 사일리지 > 페스큐 건초 순으로 큰 차이를 보였다($p < 0.05$). 그러나 Ko 등(1997)의 연구에서 옥수수(수원 19, 광안옥) 사일리지와 단수수(라미기솔고, 사일리지솔고) 사일리지의 효소제를 이용한 *in vitro* 소화율에서 작물간 유의적 차이가 있었으며, 옥수수 사일리지의 소화율이 단수수의 소화율보다 높았다($p < 0.05$). Madibela 등(2002)는 단수수 12종의 평균 INDMD(*in vitro* dry matter digestibility)가 $78.0 \pm 3.2\%$ 수준임을 보고하였고, Choi 등(2017)은 수수 x 수단그라스 교잡종(SX-17, Jumbo, Revolution)의 *in vitro* 소화율이 66.8~70.2%, 그리고 수단그라스 교잡종(Choice, Sunstar, Piper)은 66.0~69.8% 수준이었다고 보고하였다. 따라서 이상의 연구 결과에서 국내 재래종 단수수도 소화율이 높고, 옥수수나 수단그라스와 같이 양질의 조사료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 연구에서는 새로운 사료작물로서 국내 재래종 단수수의 반추동물용 사료가치를 평가하기 위하여 무안재래종(국립식량과학원 바이오에너지작물연구소)을 공시하여 실험을 실시하였다. 단수수 재배는 유박비료를 정량 처리한 권장량구(RD), 권장량의 2배 처리구(Double RD) 및 무처리구(Con)를 두어 상지대학교(강원도 원주시)에서 2021년 5월부터 10월까지 재배하였다. 단수수 모종을 포장에 이식 후 일주일 간격으로 12주간 초장 및 분지수를 조사하

였고, 영양 성분, 당도 및 반추위 *in vitro* 소화율을 7, 9 및 11주에 측정하였다. 단수수는 초기에는 완만한 성장을 하다가 6~7 주차에 성장이 가장 빨랐고, 이후에는 정체를 나타내었다. 7주차 초장은 권장량 2배구가(295.00 ± 18.92cm), 권장량(273.33 ± 18.04cm) 및 무처리(229.17 ± 16.34cm) 순으로 큰 차이를 보였다($p < 0.05$). 조단백질은 7 및 9주차에 권장량 2배구(8.91 ± 0.11%, 5.74 ± 0.22%)가 다른 실험구보다 높은 수준을 나타내었고($p < 0.05$), 조지방은 9주차에는 권장량 2배구(1.38 ± 0.10%)가 다른 실험구보다 높았다($p < 0.05$). ADF는 7, 9 및 11주차에 권장량 2배구가 각각 36.14 ± 0.04, 25.48 ± 0.74 및 23.74 ± 0.59%로 가장 높게 나타났으며($p < 0.05$), NDF도 권장량 2배구가 7 및 9주차(47.55 ± 0.34 및 43.78 ± 0.27%)로 가장 높았다($p < 0.05$). 농가에서 재배한 옥수수(광평옥) 및 수단그라스 교잡종(그린스타)과 비교하였을 때 조단백질 함량은 단수수가 낮았고($p < 0.05$), 조지방 함량은 단수수가 옥수수에 비하여 높게 나타났었다($p < 0.05$). 그리고 조섬유 함량, ADF 및 NDF는 단수수가 옥수수 및 수단그라스에 비하여 높았다($p < 0.05$). 단수수의 당도는 9 및 11주차에는 무처리구(6.13 ± 0.21 및 7.63 ± 0.21 brix) 및 권장량구(6.17 ± 0.12 및 7.27 ± 0.12 brix)가 권장량 2배구(4.07 ± 0.12 및 4.67 ± 0.06 brix)보다 높게 나타났고($p < 0.05$), 농가 재배 옥수수 및 수단그라스 교잡종보다 높게 나타났었다($p < 0.05$). 반추위 *in situ* 소화율은 9주차 및 11주차에서 30.73~38.13% 수준이었으며, 농가 재배 옥수수 및 수단그라스 교잡종보다 높았다($p < 0.05$). 따라서 이상의 연구 결과를 볼 때 재래종 단수수는 조사료 작물로서 충분한 가치를 보유하고 있고, 초장이 273.33~332.50cm(9주차)일 때 사료작물로서 생산량, 소화율 및 영양가 등 양호할 것으로 사료된다. 또한 우수한 당도는 조사료로써 활용 측면에서 큰 장점으로 작용할 것이다.

V. 사사

이 성과는 강원도 횡성군의 재원으로 횡성군농업기술센터의 지원을 받아 수행된 연구임. 이에 감사드립니다.

VI. REFERENCES

- Adewakun, L.O., Famuyiwa, A.O., Felix, A. and Omole, T.A. 1989. Growth performance, feed intake and nutrient digestibility by beef calves fed Sweet sorghum silage, corn silage and fescue hay get access arrow. *Journal of Animal Science*. 67(5):1341-1349.
- Ahn, S.H., Nam, S.S., Bang, J.J., Yu, C.Y. and Choi, Y.H. 2012. Characteristics of sweet sorghum germplasms for bioethanol production. *Korean Journal of International Agriculture*. 24(1):32-35.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington. DC.
- Atokple, I.D., Oppong, G.K. and Chikpah, S.K. 2014. Evaluation of grain and sugar yields of improved sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties in the guinea savanna zone of Ghana. *Pinnacle Agricultural Research & Management*. 2(2):374-382.
- Billa, E., Koullas, D.P., Monties, B. and Koukios, E.G. 1997. Structure and composition of sweet sorghum stalk components. *Industrial Crop and Production*. 6:297-302.
- Cha, Y.L., Moon, Y.H., Yu, G.D., Lee, J.L., Choi, I.S., Song, Y.G. and Lee, K.B. 2016. Characteristics of bioethanol production using sweet sorghum juice as a medium of the seed culture. *Journal of Korean Oil Chemists' Society*. 33(4):627-633.
- Choi, G.C., Lee, S.H., Lee, K.W., Ji, H.C., Hwang, T.Y. 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.
- Choi, M.C., Han, H.A., Shin, S.H., Heo, B.S., Chio, K.H. and Kwon, S.J. 2019. Effect of planting density on growth and yield components of the sweet sorghum cultivar, Chorong. *Journal of Crop Science*. 64:40-47.
- Choi, Y.M., Choi, K.H., Shin, S.H., Han, H.A., Heo, B.S. and Kwon, S.J. 2019. Estimation of heading date using mean temperature and the effect of sowing date on the yield of sweet sorghum in Jellabuk Province. *Korean Journal of Crop Science*. 64:17-136.
- Goering, H. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agric. Handb.* 379. US Department of Agriculture. Washington. DC.
- Hwang, Y.Y., Ji, H.C., Kim, K.Y., Lee, S.H., Lee, K.W. and Choi, G.J. 2015. Comparison of agronomic characteristics, forage production and quality of kenaf (Hongma 300), maize (Kwangpyeongok) and sorghum × sudangrass hybrids (Jumbo) in middle region of Korea. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 35(2):152-158.
- Ko, Y.D., Lee, H.J., Kim, J.H. and Yoo, S.O. 1997. Evaluation of herbage yield and silage-quality of corn (Suweon 19, Kwanganok) and sweet sorghum (Ramiki sorgo, Silage sorgo). *Journal of Korean Grassland Science*. 17(3):265-276.
- Lee, S.Y., Cheon, D.W., Park, H.S., Choi, K.C., Yang, S.H., Lee, B.H., Lee, B.U. and Jung, J.S. 2022. Estimation on the consumption patterns and consciousness of mestic forage in Korean native cattle farmers. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 42(1):17-25.
- Madibela, O.R., Boitumelo, W.S., Manthe, C. and Raditedu, I. 2002.

Feed Value of Korean Native Sweet Sorghum

- Chemical composition and in vitro dry matter digestibility of local landraces of sweet sorghum in Botswana. *Livestock Research for Rural Development*. 14(4):37.
- MAFRA. 2021. *Statistic of forage supply and demand in 2020*. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- Mehrez, A.A. and Orskov, E.I. 1977. A study of the artificial bac technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *The Journal of Agricultural Science*. 88:645-652.
- NIMS. 2018. Climate change over 100 years on the Korean Peninsula. pp. 1-30.
- Park, H.S., Choi, K.C., Yang, S.H., Jung, J.S. and Lee, B.H. 2022. Evaluation of growth characteristics and yield potential of summer emergency forage crops. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 42(1):26-31.
- Shim, K.M., Kim, Y.S., Jung, M.P., Kim, J.W., Park, M.S., Hong, S.H. and Kang, K.K. 2018. Recent changes in the frequency of occurrence of extreme weather events in South Korea. *Journal of Climate Change Research*. 9(4):461-470.
- SPSS. 2017. *Statistical package for the social sciences*. IBM® SPSS Statistics 25.0. IBM Now York. USA.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle: Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.

(Received : October 16, 2023 | Revised : December 09, 2023 | Accepted : December 11, 2023)