

Research Article

중부 및 남부지역에서의 수수 × 수단그라스 교잡종 'Cadan 99B' 및 'Sweet Sioux WMR' 품종특성

황태영^{1*}, 지희정¹, 김기용¹, 이상훈¹, 이기원¹, 김기수², 최기준¹

¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²전라남도 농업기술원 축산연구소

Agronomic Characteristics of Sorghum × Sudangrass Hybrids 'Cadan 99B' and 'Sweet Sioux WMR' in Middle and Southern Region of Korea

Tae-Young Hwang^{1*}, Hee Chung Ji¹, Ki Yong Kim¹, Sang-Hoon Lee¹, Ki-Won Lee¹, Ki-Su Kim² and Gi Jun Choi¹

¹National Institute of Animal Science, RDA, Chenonan, Chungcheongnamdo 31000, Korea.

²Jeollanam-do, Agricultural Research and Extension Services, Live Stock Research Center, Kangjin, Jeollanando 59213.

ABSTRACT

This study was carried out to introduce of agronomic characteristics, forage yields and quality of Sorghum × Sudangrass hybrids 'Cadan 99B' and 'Sweet Sioux WMR' from 2015 to 2016 in middle and southern regions of Korea. The field experiment design was complete in seven varieties with three repetitions. Sorghum × Sudangrass hybrids were sown on mid-May in middle region, and end-May in southern region of Korea, in 2015 and 2016. The observed average heading date of Cadan 99B and Sweet Sioux WMR were July 22. The heading dates of Cadan 99B and Sweet Sioux WMR were 8 days earlier than SX-17 and 5 days earlier than brown mid-rid (BMR) Revolution. The sugar contents of Cadan 99B and Sweet Sioux WMR were 6.5 and 6.9 Brix°, respectively. Comparison with BMR variety, the sugar contents of Candan 99B and Sweet Sioux WMR were 0.2 and 0.6 Brix° higher than Revolution, respectively. The average of dry matter (DM) yield for 2 years and 2 regions of Cadan 99B (24,587kg/ha) were the highest among the seven varieties, but there was no significant difference among other varieties except headless control variety Jumbo (19,119kg/ha) and LATTE (20,778kg/ha) ($p>0.05$). The crude protein (CP) and in vitro dry matter digestibility (IVDMD) of Cadan 99B were 7.5% and 60.2%, and Sweet Sioux WMR were 6.9% and 60.7%, respectively. The results of this study indicated that Sorghum × Sudangrass hybrids Cadan 99B and Sweet Sioux WMR are earlier heading dates and higher than SX-17, and high yields of DM in middle and southern regions of Korea.

(Key words : Cadan 99B, Sweet Sioux WMR, Sorghum × Sudangrass hybrids, Agronomic characteristics)

I. 서론

국민의 생활수준이 향상되면서 식품의 소비구조가 양적 측면에서 질적으로 바뀔에 따라 축산물 소비가 매년 증가되고 있다. 축산물 소비가 증가되면서 조사료의 중요성이 대두되고 있지만 우리나라 최근 5년간 조사료 자급률은 82% 내외이며 그중 볏짚을 제외한 양질의 조사료는 49% 정도이다 (MAFRA, 2016). 그렇기 때문에 조사료 자급률을 높이기 위해서는 조사료 생산이 가능한 재배면적의 확대가 선행되어야 하며, 다양한 환경에 적합한 작부체계를 설정하여 동계 및 하계사료작물의 생산성을 높이고 국내환경에 적합한 사료작물

품종개발이 필요하다(Shin et al., 2015). 우리나라의 동계 및 하계사료작물 품종은 농촌진흥청 국립식량과학원과 국립축산과학원에서 개발하고 있지만 수수류의 경우 국내에서 품종 육성을 하지 않고 미국, 호주 및 남아프리카공화국 등에서 다양한 특성을 가지는 수수류 품종을 도입하여 수입적응성 시험을 거쳐 인증품종에 등록된 품종이 농가에 보급이 된다 (Jeon et al., 1989; Kim et al., 2002; Jeon et al., 2012). 수수류는 1970년대부터 도입이 시작되었으며 수확 후 재생과 고온 건조 적응 특성 때문에 축산농가에서 각광을 받아왔다(Kim et al., 1998).

수수류는 수수 × 수수(*Sorghum bicolor* (L) Moench), 수수 × 수단그라스(*Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense*) 및 수단

* Corresponding author : Tae-Young Hwang, National Institute of Animal Science, RDA, Chenonan, Chungcheongnamdo 31000, Korea, Tel: +82-41-580-6777, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: soybeanhwang@korea.kr

그라스 × 수단그라스 (*Sorghum sudanense* Staff) 교잡종으로 나뉘며, 이러한 교잡종은 교배조합에 따라 생육특성의 차이가 많고 수확시기 및 조사료의 이용방법도 달라진다(Undersander, 2003). 우리나라에서는 여름철 양질의 조사료로서 옥수수와의 함께 수수 × 수단그라스 교잡종이 청예용 및 사일리지로 많이 이용되고 있으며, 현재 38개의 품종이 수입 적응성시험을 거쳐 인증품종으로 선발되어 있다(NACF, 2015). 수수류는 여름철 가뭄과 더위에 강하기 때문에 많은 지역에서 재배되고 있으며(Poehlman, 1987; Mutava et al., 2011; Li et al., 2015), 국내에서도 재배면적이 26,491ha로서 하계사료작물 전체면적 42,136ha의 63%를 차지할 만큼 중요한 사료작물이다(Lee et al., 2000; Lim et al., 2002; MAFRA, 2016).

수수류는 엽맥의 색깔에 따라 흰색(WMR; white mid-rid), 녹색(GMR; green mid-rid) 및 갈색(BMR; brown mid-rid)로 나뉘며(Li et al., 2015), BMR 수수 × 수단그라스 및 수수 × 수수 교잡종 품종은 줄기와 잎에 당도가 높고 리그닌 함량이 낮아 사료가치가 우수하여 수수류 중에 사일리지로 제조에 적합하다고 알려져 있다(Cherney et al., 1991; Li et al., 2013). 우리나라에서도 수수 × 수단그라스 교잡종 BMR 품종이 인증품종으로 선발되어 보급되고 있으며 국내 재배면적이 매년 증가하고 있다(Ji et al., 2010; Kwon et al., 2014). 하지만 일반적으로 수수류는 당 함량이 낮고 수분 함량이 높아 사일리지로 제조할 경우 품질이 떨어지는 문제가 있으며(Kwon et al., 2014), 또한 옥수수보다 리그닌 함량이 높기 때문에 반추동물의 소화율에 좋지 않아 궁극적으로는 건물 섭취를 제한하여 우유생산에 영향을 준다(Oliver et al., 2005). 그렇기 때문에 새로운 수수류 인증품종으로 선발되기 위해서는 국내 환경에 적합하며, 당 함량, 생산성 및 품질 등이 좋은 품종을 선발해야 한다. 따라서 본 시험은 도입하려는 수수류 품종들을 평가하여 국내 환경에 적합하고 생산성 및 당 함량이 높은 품종을 선발하여 인증품종으로 추천하기 위해 진행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험품종 및 재배방법

본 연구는 국외에서 수집한 수수류 유전자원 중에서 국내 적응성이 우수한 품종을 선발하기 위하여 실시하였다. 먼저 예비시험으로 중부지역(충남 천안시 성환읍에 위치한 국립축산과학원 축산자원개발부 초지사료과 시험포장)에서 2014년

에 5월 8일에 대비품종 SX-17(출수형), Jumbo(비출수형), Revolution(BMR) 및 Choice BMR(수단그라스 교잡종) 4품종과 시험품종 EXP-DSL, ESP-DSB, LATTE, EXP-AD, BMR GREEN, BMR C, BMR SUGAR, BMR DYNAMIC, MEISTER GREEN, GREEN HOLDER, CONVENTION 42, Cadan 99B, Sweet Sioux WMR, Silage Master 14품종을 파종하여 그중 생육특성, 생산성 및 당도가 높은 수수 × 수단그라스 교잡종 4품종을 선발하였다. 선발된 4품종과 대비품종 3품종을 이용하여 2015년부터 2016년까지 중부 및 남부지역(전남 강진군 전라남도 농업기술원 축산연구소 시험포장)에서 실시하였다. 대비품종은 SX-17(출수형), Jumbo(비출수형) 및 Revolution(BMR) 3개 품종을, 시험 품종은 LATTE, EXP-AD, Cadan 99B(WMR) 및 Sweet Sioux WMR 4개 품종을 공시하였다. 1년차 중부지역 파종시기는 2015년 5월 14일, 2년차는 2016년 5월 13일에 각각 파종하였으며, 남부지역에서는 1년차는 2015년 5월 28일, 2년차는 2016년 5월 30일에 각각 파종하였다. 1년차 중부지역 수확은 2015년 7월 28일 및 9월 9일, 2년차는 2016년 7월 22일 및 9월 19일에 각각 수행하였으며, 남부지역에서는 1년차는 2015년 8월 12일 및 9월 23일, 2년차는 2016년 8월 8일 및 10월 6일에 각각 수행하였다. 파종방법은 휴폭 50cm 조파를 하였으며 시험구 면적은 12m²(3m × 4m)로 하여 3반복 난괴법으로 하였으며, 파종량은 40kg/ha로 하였다. 시비량은 N - P₂O₅ - K₂O = 250 - 150 - 150으로 하였다. 시비방법은 인산과 칼리는 전량 기비로 사용하였고 질소는 기비 40%, 초장이 20cm일 때 30%, 1차 수확 후 30%로 분시하였다. 조사항목은 초장, 엽장, 엽폭, 재생, 경태, 당도, 병해, 도복 등 생육특성을 조사하였으며 조사방법은 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(RDA, 2003)에 준하여 실시하였다. 당도는 휴대용 굴절당도계(Brix, ATAGO, 일본)로 수확 당일에 예취된 줄기 밑에서부터 10cm부분에서 샘플을 취하여 측정하였고, 병해 및 도복 등은 9등급[1(강) - 9(약)]으로 나누어 달관조사 하였다.

2. 수량성 분석

수수 × 수단그라스 교잡종 수량성분석은 시험구 12m²(6줄)에서 가운데 4m²(2줄)를 예취하여 생소수량을 측정하였고, 건물수량은 이들 중 300 - 500g의 시료를 채취하여 65°C 순환식 송풍 건조기에서 72시간 충분히 건조한 후 건물중을 측정하여 건물율을 계산하였다. 그리고 건물수량은 생소수량에 건물율을 곱하여 환산하였다.

3. 사료가치 분석

수수 × 수단그라스 교잡종 건물수량을 측정한 뒤 각각 3개의 샘플에서, 그 중 일부를 각각 취하여 20 mesh screen의 Wiley mill로 분쇄한 뒤 고르게 섞은 후 이중마개가 있는 플라스틱 용기에 넣어 밀봉한 후 보관하였다가 분석에 사용하였다. 시료의 CP (crude protein)는 AOAC (1990)법으로 분석하였고, ADF (acid detergent fiber)와 NDF (neutral detergent fiber)는 Goering and Van Soest (1970)법에서 사용되는 시약을 이용하여 Ankom fiber analyzer (Ankom technology)로 분석하였다. *in vitro* 건물 소화율(IVDMD)은 Tilly and Terry (1963)법을 Moore (1970)가 수정한 방법으로 분석하였으며, TDN (total digestible nutrients)은 ADF 분석치에 의한 관계식 $TDN=88.9-(0.79 \times ADF)$ 에 의해 산출하였다(Holland et al., 1990).

시험포장의 토양조건을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 중부지역인 축산과학원 축산자원개발부 초지사료과 시험포장의 토양은 2015년과 2016년 pH가 7.43 및 7.21으로 적정범위인 6.0 - 6.5보다 높았으며, 유기질 함량은 2015년과 2016년 30.9g/kg 및 14.4로 적정범위인 25 - 30g/kg 보다 2015년에 낮게 나타났다. 인산함량의 경우 2015년에 적정수준인 80 - 120mg/kg보다 상당히 높았다. 한편, 남부지역인 전남 강진군 전라남도 농업기술원 축산연구소 시험포장의 경우 토양의 pH는 적정 수준이었으며, 유기질 함량은 2015년과 2016년 38.2g/kg 및 33.0g/kg 으로 적정범위 보다 높게 나타났다. 중부지역인 천안과 남부지역인 강진에서의 수수 × 수단그라스 교잡종 재배시험기간 및 최근 30년 동안의 기상조건은 Table 2, 3에서 보는 바와 같다. 전체적으로 시험기간인 2015년과 2016년도 월 평균 기온이 최근 30년 평균 기온보다 높게 나타났으며, 강수량은 적게 나타났다.

4. 통계분석

통계분석은 SAS package program (ver. 9.2)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, Duncan’s multiple range test에 의하여 5% 유의수준에서 처리구간의 통계적 차이를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수수 × 수단그라스 교잡종 Cadan 99B 및 Sweet Sioux WMR의 생육특성

중부 및 남부지역에서 2015년과 2016년 2년간 조사한 수수 × 수단그라스 교잡종의 생육특성은 Table 4와 같다. 출현율을 보면 전체적으로 1.6이상으로 양호하게 나타났다. 출수의 경우 비출수 품종인 Jumbo를 제외하고 6품종 전부 출수를 하였고, 출수형 대비품종인 SX-17과 시험품종인 LATTE가 7월 30일로 같게 나타났으며, 이 들을 제외하고 4품종 모두 SX-17보다 빠르게 나타났다. Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR의 경우 미국 뉴멕시코 및 텍사스지역에서 증생종으로 알려져 있지만(Marsalis et al., 2014; Bell et al., 2015, 2016), 국내에서 증생종으로 알려진 출수형 대비품종인 SX-17보다 8일 정도 빨랐으며, BMR 대비품종인 Revolution보다 3일 빠르게 나타났다. Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR의 초장은 314cm로 같게 나타났으며 출수형 대비품종인 SX-17보다 21cm, 비출수형 대비품종인 Jumbo보다도 13cm 각각 길게 나타났다. Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR의 경태는 출수형 대비 품종인 SX-17 보다 각각 0.5mm 및 0.7mm 가늘게 나타났으며, 엽장은 각각 84cm 및 83cm, 엽폭은 4.7cm 및 4.6cm, 경태는 10.7mm 및 10.5mm로서 SX-17보다 2 - 3cm 정도 적은

Table 1. Soil characteristics of the experimental field before trial

Year	Region	pH	T-N* (%)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	OM (g/kg)	CEC (cmol/kg)	Ex. Cat. (cmol/kg)			
							K	Na	Ca	Mg
2015	Cheonan	7.43	0.21	602	30.9	5.77	0.36	0.12	4.30	1.32
	Kangjin	6.11	0.27	111	38.2	10.17	0.47	0.18	8.06	1.31
2016	Cheonan	7.21	0.10	105	14.4	8.89	0.16	0.11	6.57	2.72
	Kangjin	6.91	0.23	124	33.0	13.08	0.28	0.14	9.98	1.95
Mean	Cheonan	7.32	0.16	354	22.7	7.33	0.26	0.12	5.44	2.02
	Kangjin	6.51	0.25	118	35.6	11.63	0.38	0.16	9.02	1.63

*T-N = total nitrogen, OM = organic matter, CEC = cation exchange capacity

Table 2. Means of monthly meteorological data during the experimental periods and 30 years average in Cheonan, Chungnam, South Korea

Year	Month	Day	Mean temp. (°C)	Sunshine (hr.)	Precipitation (mm)	Rainy days (day)
2015	May	1-31	18.4	276.7	27.5	6
2016			18.2	258.4	107.2	7
30 years (1981-2010)			17.2	249.3	85.7	7.7
2015	June	1-30	22.6	202.6	86.0	11
2016			22.3	210.8	36.2	5
30 years (1981-2010)			21.5	221.6	133.1	8.6
2015	July	1-31	24.9	137.7	136.8	13
2016			25.0	162.4	364.3	15
30 years (1981-2010)			24.7	184.2	264.7	13.9
2015	August	1-31	25.3	190.6	64.2	10
2016			26.0	233.1	82.0	9
30 years (1981-2010)			25.1	206.9	298.3	13.6
2015	September	1-30	20.5	213.9	29.0	6
2016			21.0	156.3	55.0	7
30 years (1981-2010)			20.0	198.7	158.4	8.6

Table 3. Means of monthly meteorological data during the experimental periods and 30 years average in Kangjin, Jeonnam, South Korea

Year	Month	Day	Mean temp. (°C)	Sunshine (hr.)	Precipitation (mm)	Rainy days (day)
2015	May	1-31	18.3	272.1	121.5	8
2016			18.5	237.5	159.6	12
30 years (1981-2010)			17.0	217.3	125.2	9.0
2015	June	1-30	21.1	158.6	125.9	12
2016			22.1	137.9	142.1	13
30 years (1981-2010)			21.1	169.5	219.0	10.2
2015	July	1-31	24.4	173.2	203.0	15
2016			25.9	225.7	220.9	12
30 years (1981-2010)			24.6	145.6	290.9	13.9
2015	August	1-31	24.9	199.4	166.2	9
2016			27.0	287.2	39.0	4
30 years (1981-2010)			25.4	179.0	306.5	12.5
2015	September	1-30	20.8	214.7	93.1	13
2016			22.3	143.3	241.1	12
30 years (1981-2010)			20.9	166.7	191.7	9.0

형태적 특성을 나타냈다. Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR의 당도는 6.5 및 6.9 Brix°로 출수형 대비품종인 SX-17보다 1.4 및 1.8 Brix° 높으며, BMR 대비품종인 Revolution 품종보다도 각각 0.2 및 0.6 Brix° 높게 나타났다. Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR의 도복은 각각 1.3 및 1.4로 다른 품종보다 좋게 나타났다. Bell et al.(2015, 2016)의 보고에 의하면 도복의 경우 수확시 Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR은 모두 전혀 없다고 하였다. 재생 및 병해의 경우 다른 품종과 비슷하게 나타났다

2. 수수 × 수단그라스 교잡종 Cadan 99B 및 Sweet Sioux WMR의 생산성

중부 및 남부지역에서 재배한 수수 × 수단그라스 교잡종의 수량성은 Table 5와 같다. 생초수량의 경우 비출수 대비품종인 Jumbo가 134,573kg/ha로 가장 높게 나타났으며($p<0.05$), 출수형 대비품종인 SX-17(122,698kg/ha)과 EXP-AD(121,317kg/ha)로 두 번째로 높았다($p<0.05$). Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR의 경우 102,756kg/ha 및 100,021kg/ha로 가장 낮게 나타났다

($p < 0.05$). 한편, 건물수량의 경우 Cadan 99B(24,587kg/ha)가 가장 높게 나타났으나 대비품종인 Jumbo(19,119kg/ha)와 시험품종인 LATTE(20,778kg/ha)를 제외하고는 높게 나타나지 않았다($p < 0.05$). Bell et al.(2015, 2016)의 보고에 의하면 텍사스 지역에서 2014년에 21개 수수 × 수단그라스 교잡종 품종의 수량을 보면 수분 65%에서 평균 8.2tons/ha로 나타난 반면 Cadan 99B 와 Sweet Sioux WMR의 경우 각각 6.7tons/ha 및 6.9tons/ha로 나타나 수량은 좋지 않았으며, 2015년에는 31개의 수수 × 수단그라스 교잡종의 평균 수량은 수분 65%에서 9.2tons/ha로 Cadan 99B 와 Sweet Sioux WMR에 비해 각각 1.1tons/ha 및 0.3tons/ha 높았다. 이 결과는 한번 예취한 결과로 재생에 대한 결과는 포함되지 않았다. 한편, 미국 뉴멕시코 주 3군데 지역에서 수수 × 수단그라스 교잡종 품종을 2번 예취한 결과를 보면 Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR의 건물수량은 각각 2.1tons/ha 및 2.3tons/ha로 평균 건물수량 2.0tons/ha에 비해 높다고 보고되었다(Marsalis et al., 2014). 또한, Moyer (2015)의 보고에 의하면 2014년 Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR 품종을 켄사스 지역에서 3회 예취한 결과 수분 12%의 최종 건물수량은 2.0tons/ha 및 1.9tons/ha로써 8개 품종 평균 1.7tons/ha 보다 각각 높게 나타났으며 특히 2차 및 3차 예취시 Cadan 99B는 평균 보다 158kg/ha 및 182kg/ha, Sweet Sioux WMR의 경우 271kg/ha 및 49kg/ha 높게 나타나 다른 품종에 비해 수량 및 재생이 좋다고 하였다. 국내 중부 및 남부지역에서 재배한 Cadan 99B 와 Sweet Sioux WMR의 수량성에 대한 결과를 보면 수분함량이 다른 품종에 비해 낮아서 생초수량 대비 건물 수량이 높게 나타났으며 재생건물수량의 경우 Cadan 99B의 경우 높게 나타났지만 Sweet Sioux WMR은 SX-17보다 낮게 나타났다.

3. 수수 × 수단그라스 교잡종 Cadan 99B 및 Sweet Sioux WMR의 사료가치

중부 및 남부지역에서 재배한 수수 × 수단그라스 교잡종의 사료가치는 Table 6과 같다. *in vitro* 건물소화율의 경우 BMR 대비품종인 Revolution이 66.3%로 가장 높게 나타났으며, Cadan 99B 와 Sweet Sioux WMR은 상대적으로 낮은 각각 60.2% 및 60.7%로 다른 품종에 비해 낮게 나타났다. 조단백질의 경우 LATTE가 8.9%로 가장 높게 나타났으며, Cadan 99B는 7.5%로 대비품종인 SX-17 및 Revolution 보다 각각 0.2% 및 0.3% 높았다. Sweet Sioux WMR는 6.9%로 낮게 나타났다. NDF와 ADF의 경우 BMR 대비품종인 Revolution이 가장 낮게 나타났으며, 다른 품종들은 많은 차이를 보이지 않았다(Table 6). 미국 뉴멕시코 3개 지역에서 2013년도에 조사한 Cadan 99B 와 Sweet Sioux WMR의 평균 조단백질함량은 각각 11.6% 및 11.8%로 국내 2개 지역 평균보다 높게 나타났으며, ADF는 39.3% 및 38.6%, NDF는 55.1% 및 57.1%로 (Marsalis et al., 2014), 국내에서 조사한 사료가치보다 높게 나타났다. 한편, Bell et al., (2015, 2016)의 보고에 따르면 텍사스 지역에서 2년간 평균 조단백질함량은 각각 7.0% 및 6.8%로 나타났으며, ADF는 42.2% 및 45.5%, NDF는 56.3% 및 61.0%로 국내에서 조사한 사료가치와 비슷하게 나타났다. 위의 결과를 종합해 보면 Cadan 99B 와 Sweet Sioux WMR은 기존의 BMR 대비품종인 Revolution보다 당도함량이 높게 나타났으며, 수량성 및 사료가치 측면에서 출수형 대비품종인 SX-17과 높거나 대등하게 나타났다. 따라서 Cadan 99B 와 Sweet Sioux WMR은 국내기후에 적합하여 수량성 및 품질이 양호한 품종으로 나타났기 때문에 인증품종으로 선발될 것으로 판단된다.

Table 4. Agronomic characters of sorghum × sudangrass hybrids cultivated in Cheonan and Kangjin of South Korea from 2015 to 2016

Variety	Region	Year	Emergence	Heading	Plant	Leaf	Leaf	Stem	Brix	Disease		Lodging
			rate	date	height	length	width	diameter		(1-9)		
			(1-9)*	(M. D)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)	(Brix°)	1st	2nd	(1-9)
SX-17 (Heading control)	Cheonan	2015	1.0	7.22	308	91	5.2	12.3	4.1	1.0	1.5	1.4
		2016	1.0	7.17	277	86	5.1	11.7	5.0	1.1	1.5	1.0
		Mean	1.0	7.20	293	89	5.2	12.0	4.6	1.1	1.5	1.2
	Kangjin	2015	1.0	8.11	331	88	5.2	11.4	4.8	1.0	3.0	3.5
		2016	1.0	8.08	255	80	4.6	9.3	6.3	1.0	1.7	2.0
		Mean	1.0	8.09	293	84	4.9	10.4	5.6	1.0	2.4	2.8
Total mean			1.0	7.30	293	86	5.0	11.2	5.1	1.0	1.9	2.0

Variety	Region	Year	Emergence	Heading	Plant	Leaf	Leaf	Stem	Brix	Disease		Lodging
			rate	date	height	length	width	diameter		(1-9)	(1-9)	
			(1-9)*	(M. D)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)	(Brix°)	1st	2nd	(1-9)
Jumbo (Headless control)	Cheonan	2015	1.0	HL**	315	98	4.8	10.9	2.8	1.0	1.5	4.6
		2016	1.1	HL	294	100	5.0	12.7	2.6	1.2	2.1	1.0
		Mean	1.1	HL	305	99	4.9	11.8	2.7	1.1	1.8	1.0
	Kangjin	2015	1.0	HL	328	93	5.1	13.0	3.3	1.1	5.0	3.5
		2016	1.0	HL	268	89	4.5	11.1	5.4	1.0	1.6	1.7
		Mean	1.0	HL	298	91	4.8	12.1	4.4	1.1	3.3	2.6
Total mean			1.0	HL	301	95	4.9	11.9	3.5	1.1	2.6	1.8
Revolution (BMR control)	Cheonan	2015	1.0	7.18	294	82	5.3	11.7	5.5	1.1	1.3	2.0
		2016	1.0	7.17	297	79	5.2	10.7	5.4	1.2	1.5	1.0
		Mean	1.0	7.17	296	81	5.3	11.2	5.5	1.2	1.4	1.5
	Kangjin	2015	1.1	8.07	306	81	5.4	11.2	6.4	1.0	3.0	2.5
		2016	1.2	8.06	257	77	4.9	10.0	7.9	1.0	1.4	1.0
		Mean	1.2	8.06	282	79	5.2	10.6	7.2	1.0	2.2	1.8
Total mean			1.1	7.27	289	80	5.2	10.9	6.3	1.1	1.8	1.6
LATTE	Cheonan	2015	1.0	7.25	320	99	5.1	12.0	4.6	1.2	1.4	1.1
		2016	2.0	7.22	322	91	5.1	11.4	3.4	1.1	1.4	1.0
		Mean	1.5	7.23	321	95	5.1	11.7	4.0	1.2	1.4	1.1
	Kangjin	2015	1.0	8.07	334	90	5.1	11.8	3.9	1.2	4.0	3.0
		2016	2.3	8.08	247	84	4.8	10.5	5.7	1.1	1.2	1.0
		Mean	1.7	8.07	291	87	5.0	11.2	4.8	1.2	2.6	2.0
Total mean			1.6	7.30	306	91	5.0	11.4	4.4	1.2	2.0	1.5
EXP-AD	Cheonan	2015	1.0	7.18	293	97	5.1	12.1	3.0	1.0	1.3	2.4
		2016	1.0	7.17	277	85	4.8	10.0	3.9	1.1	1.2	1.0
		Mean	1.0	7.17	285	91	5.0	11.1	3.5	1.1	1.3	1.7
	Kangjin	2015	1.0	8.05	319	86	5.7	11.1	4.3	1.0	3.2	3.3
		2016	1.2	8.06	257	80	4.7	9.2	7.6	1.1	1.1	2.7
		Mean	1.1	8.05	288	83	5.2	10.2	6.0	1.1	2.2	3.0
Total mean			1.1	7.26	287	87	5.1	10.6	4.7	1.1	1.7	2.4
Cadan 99B	Cheonan	2015	1.0	7.13	335	91	5.1	12.6	4.8	1.1	1.4	1.2
		2016	1.0	7.12	307	83	4.3	9.9	5.6	1.1	1.3	1.0
		Mean	1.0	7.12	321	87	4.7	11.3	5.2	1.1	1.4	1.1
	Kangjin	2015	1.0	8.02	331	82	5.1	10.7	6.2	1.0	5.0	2.0
		2016	1.0	8.01	282	81	4.4	9.4	9.5	1.0	1.9	1.0
		Mean	1.0	8.01	307	82	4.8	10.1	7.9	1.0	3.5	1.5
Total mean			1.0	7.22	314	84	4.7	10.7	6.5	1.1	2.4	1.3
Sweet Sioux WMR	Cheonan	2015	1.0	7.13	330	86	4.7	12.2	4.5	1.1	1.6	1.1
		2016	1.0	7.12	312	82	4.4	9.9	5.8	1.1	1.5	1.0
		Mean	1.0	7.12	321	84	4.6	11.1	5.2	1.1	1.6	1.1
	Kangjin	2015	1.0	8.02	349	84	5.3	11.3	7.1	1.0	3.0	2.0
		2016	1.3	8.02	265	78	4.1	8.6	10.2	1.0	1.7	1.3
		Mean	1.2	8.02	307	81	4.7	10.0	8.7	1.0	2.4	1.7
Total mean			1.1	7.22	314	83	4.6	10.5	6.9	1.1	2.0	1.4

* (1-9) : 1 = Excellent(Strong), 9 = Worst(weak)

** HL: headless

Table 5. Fresh and dry matter (DM) yield of sorghum × sudangrass hybrids cultivated in Cheonan and Kangjin of South Korea from 2015 to 2016

Variety	Region	Year	Fresh yield(kg/ha)			Dry matter yield (kg/ha)			Yield index (%)
			1st	2nd	Sum	1st	2nd	Sum	
SX-17 (Heading control)	Cheonan	2015	68,375	75,083	143,458 ^b	15,141	15,403	30,544 ^{ab}	100
		2016	74,958	67,708	142,667 ^{ab}	12,716	16,418	29,134 ^b	100
		Mean	71,667	71,396	143,063 ^{ab}	13,929	15,911	29,839 ^{ab}	100
	Kangjin	2015	68,583	50,167	118,750 ^a	11,152	8,576	19,728 ^a	100
		2016	43,125	42,792	85,917 ^{abc}	7,793	6,317	14,110 ^a	100
		Mean	55,854	46,480	102,334 ^{ab}	9,473	7,447	16,919 ^a	100
Total mean		63,760	58,938	122,698^b	11,701	11,679	23,379^{ab}	100	
Jumbo (Headless control)	Cheonan	2015	92,083	75,042	167,125 ^a	13,225	12,152	25,377 ^{ab}	83
		2016	82,667	61,750	144,417 ^{ab}	10,186	11,477	21,663 ^c	74
		Mean	87,375	68,396	155,771 ^a	11,706	11,815	23,520 ^c	79
	Kangjin	2015	73,250	48,958	122,208 ^a	6,944	8,884	15,828 ^a	80
		2016	45,167	59,375	104,542 ^a	5,378	8,228	13,606 ^a	96
		Mean	59,209	54,167	113,375 ^a	6,161	8,556	14,717 ^a	87
Total mean		73,292	61,281	134,573^a	8,933	10,185	19,119^c	82	
Revolution (BMR control)	Cheonan	2015	66,917	64,208	131,125 ^{bcd}	13,134	12,933	26,067 ^{ab}	85
		2016	81,458	71,417	152,875 ^a	14,813	18,600	33,413 ^a	115
		Mean	74,188	67,813	142,000 ^b	13,974	15,767	29,740 ^{ab}	100
	Kangjin	2015	54,708	40,250	94,958 ^{bc}	9,802	7,088	16,890 ^a	86
		2016	36,000	42,458	78,458 ^{bc}	7,474	7,595	15,069 ^a	107
		Mean	45,354	41,354	86,708 ^{cd}	8,638	7,342	15,980 ^a	94
Total mean		59,771	54,583	114,354^b	11,306	11,554	22,860^{ab}	98	
LATTE	Cheonan	2015	63,833	72,458	136,291 ^{bc}	11,732	12,324	24,056 ^b	79
		2016	83,083	71,708	154,791 ^a	13,536	15,294	28,830 ^b	99
		Mean	73,458	72,083	145,541 ^{ab}	12,634	13,809	26,443 ^{bc}	89
	Kangjin	2015	60,125	44,833	104,958 ^b	9,057	8,326	17,383 ^a	88
		2016	33,833	46,417	80,250 ^{bc}	5,936	6,907	12,843 ^a	91
		Mean	46,979	45,625	92,604 ^{bc}	7,497	7,617	15,113 ^a	89
Total mean		60,219	58,854	119,073^b	10,065	10,713	20,778^{bc}	89	
EXP-AD	Cheonan	2015	76,417	70,000	146,417 ^b	11,775	14,527	26,302 ^{ab}	86
		2016	82,750	69,458	152,208 ^a	12,944	16,806	29,750 ^{ab}	102
		Mean	79,584	69,729	149,313 ^{ab}	12,360	15,667	28,026 ^{ab}	94
	Kangjin	2015	59,583	35,208	94,791 ^{bc}	10,557	7,281	17,838 ^a	90
		2016	45,000	46,850	91,850 ^{ab}	8,813	7,159	15,972 ^a	113
		Mean	52,292	41,029	93,321 ^{bc}	9,685	7,220	16,905 ^a	100
Total mean		65,938	55,379	121,317^b	11,022	11,443	22,466^{ab}	96	
Cadan 99B	Cheonan	2015	58,667	67,500	126,167 ^{cd}	14,558	16,955	31,513 ^a	103
		2016	65,250	56,733	121,983 ^c	14,734	15,565	30,299 ^{ab}	104
		Mean	61,959	62,117	124,075 ^c	14,646	16,260	30,906 ^a	104
	Kangjin	2015	54,458	34,958	89,416 ^c	11,737	7,303	19,040 ^a	97
		2016	35,792	37,667	73,459 ^{bc}	9,820	7,676	17,496 ^a	124
		Mean	45,125	36,313	81,438 ^{cd}	10,779	7,490	18,268 ^a	108
Total mean		53,542	49,215	102,756^c	12,712	11,875	24,587^a	105	
Sweet Sioux WMR	Cheonan	2015	58,917	58,958	117,875 ^d	14,357	13,135	27,492 ^{ab}	90
		2016	68,167	60,125	128,292 ^{bc}	16,451	14,966	31,417 ^{ab}	108
		Mean	63,542	59,542	123,084 ^c	15,404	14,051	29,455 ^{ab}	99
	Kangjin	2015	52,833	35,250	88,083 ^c	12,048	7,819	19,867 ^a	101
		2016	28,708	37,125	65,833 ^c	7,267	7,228	14,495 ^a	103
		Mean	40,771	36,188	76,958 ^d	9,658	7,524	17,181 ^a	102
Total mean		52,156	47,865	100,021^c	12,531	10,787	23,318^{ab}	100	

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 6. Acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF) and crude protein (CP), total digestible nutrients (TDN), and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of sorghum × sudangrass hybrids cultivated in Cheonan and Kangjin of South Korea from 2015 to 2016

Variety	Region	Year	IVDMD (%)	CP (%)	NDF (%)	ADF (%)	TDN*
SX-17 (Heading control)	Cheonan	2015	60.2	10.1	69.4	45.4	53.0
		2016	63.4	7.5	66.6	41.7	56.0
		Mean	61.8	8.8	68.0	43.6	54.5
	Kangjin	2015	66.5	7.7	62.5	42.4	55.4
		2016	62.6	3.8	61.9	41.2	56.4
		Mean	64.6	5.8	62.2	41.8	55.9
Total mean			63.2	7.3	65.1	42.7	55.2
Jumbo (Headless control)	Cheonan	2015	61.9	9.1	66.3	44.7	53.6
		2016	66.1	11.8	67.4	43.2	54.8
		Mean	64.0	10.5	66.9	44.0	54.2
	Kangjin	2015	60.2	6.7	67.8	47.5	51.4
		2016	66.8	4.2	63.4	40.4	57.0
		Mean	63.5	5.5	65.6	44.0	54.2
Total mean			63.8	8.0	66.2	44.0	54.2
Revolution (BMR control)	Cheonan	2015	60.5	7.9	63.3	42.5	55.3
		2016	68.4	9.8	57.3	35.6	60.8
		Mean	64.5	8.9	60.3	39.1	58.1
	Kangjin	2015	66.3	8.1	58.5	40.3	57.1
		2016	70.0	3.1	59.0	38.3	58.6
		Mean	68.2	5.6	58.8	39.3	57.9
Total mean			66.3	7.2	59.5	39.2	58.0
LATTE	Cheonan	2015	64.7	9.1	59.7	39.3	57.9
		2016	63.8	12.2	64.0	42.5	55.3
		Mean	64.3	10.7	61.9	40.9	56.6
	Kangjin	2015	63.1	9.5	65.4	44.9	53.4
		2016	67.4	4.9	60.0	38.7	58.3
		Mean	65.3	7.2	62.7	41.8	55.9
Total mean			64.8	8.9	62.3	41.4	56.2
EXP-AD	Cheonan	2015	59.3	9.9	69.2	47.6	51.3
		2016	63.3	10.8	67.2	42.0	55.7
		Mean	61.3	10.4	68.2	44.8	53.5
	Kangjin	2015	62.6	10.5	62.2	43.4	54.6
		2016	63.5	4.4	60.2	39.8	57.5
		Mean	63.1	7.5	61.2	41.6	56.0
Total mean			62.2	8.9	64.7	43.2	54.8
Cadan 99B	Cheonan	2015	57.0	8.1	64.7	44.2	54.0
		2016	59.6	9.5	66.2	44.0	54.1
		Mean	58.3	8.8	65.5	44.1	54.1
	Kangjin	2015	61.2	8.6	63.2	42.2	55.6
		2016	62.8	3.9	60.9	40.5	56.9
		Mean	62.0	6.3	62.1	41.4	56.2
Total mean			60.2	7.5	63.8	42.7	55.1
Sweet Sioux WMR	Cheonan	2015	60.3	8.6	65.2	42.4	55.4
		2016	61.0	8.8	64.4	42.5	55.3
		Mean	60.7	8.7	64.8	42.5	55.4
	Kangjin	2015	59.0	7.2	62.5	43.1	54.9
		2016	62.6	3.0	60.7	39.2	57.9
		Mean	60.8	5.1	61.6	41.2	56.4
Total mean			60.7	6.9	63.2	41.8	55.9

* TDN = 88.9-(ADF × 0.79)

IV. 요약

본 연구는 중부 및 남부지역에서 수수 × 수단그라스 교잡종 Cadan 99B 및 Sweet Sioux WMR의 농업적 특성, 생산성 및 품질을 소개하기 위해 2015년부터 2016년까지 2년에 걸쳐 수행되었다. 대비품종은 출수형인 SX-17, 비출수형인 Jumbo 및 BMR 품종인 Revolution을, 시험품종은 LATTE, EXP-AD, Cadan 99B 및 Sweet Sioux WMR 4개 품종을 공시하였다. 시험설계는 3반복 난괴법으로 수행하였으며, 중부지역 파종은 5월 중순, 남부지역은 5월 하순에 실시하였다. 1차 수확은 7월 하순부터 8월 상순까지, 2차 수확은 9월말에서 10월 상순까지 2015년 및 2016년에 실시하였다. Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR의 출수기는 7월 22일이었으며, 출수형 대비품종인 SX-17 및 BMR 대비품종인 Revolution보다 각각 8일 및 5일 빠르게 나타났으며, Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR의 당도는 각각 6.5 및 6.9 Brix°로 BMR 대비품종인 Revolution보다 각각 0.2 및 0.6 Brix° 높게 관찰되었다. 2년간 2개 지역 평균 건물수량의 경우 Cadan 99B는 24,587kg/ha로 7개의 품종 중에 가장 높게 나타났지만 비출수형 대비품종 Jumbo 및 시험품종 LATTE를 제외하고는 유의성이 나타나지 않았다 ($p>0.05$). Cadan 99B의 조단백질(CP) 함량과 *in vitro* 건물소화율은 각각 7.5% 및 60.2%로 나타났으며, Sweet Sioux WMR의 경우 6.9% 및 60.7%로 나타났다. 본 연구의 결과에 따르면 수수 × 수단그라스 교잡종 Cadan 99B 및 Sweet Sioux WMR은 국내 중부 및 남부지역에서 대비품종들보다 출수가 빠르고 당 함량이 높게 나타났으며, 건물수량은 출수형 대비품종인 SX-17과 같거나 높게 나타났다. 따라서 Cadan 99B와 Sweet Sioux WMR은 국내기후에 적합하여 수량성 및 품질이 양호한 품종으로 나타났기 때문에 인증품종으로 선발될 것으로 판단된다.

V. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 난지형 목초신작목 선발 및 우량계통 육성, 세부과제번호: PJ01193502)의 지원에 의해 이루어진 것임

VI. REFERENCES

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Bell, J., Xue, Q., McCollum, T., Brown, T., Sirmon P. and Pietsch, D. 2015. 2014 Texas Panhandle Sorghum Silage Trial. Texas A&M Agrilife Research Extension.
- Bell, J., McCollum, T., Pietsch, D., Schnell, R., Sirmon P. and Tyrer, D. 2016. 2015 Texas Panhandle Sorghum Silage Trial. Texas A&M Agrilife Research Extension.
- Cherney, J.H., Cherney, D.J.R., Akin, D.E. and Axtell, J.D. 1991. Potential of Brown-Midrib, Low-Lignin Mutants for Improving Forage Quality. *Advances in Agronomy*. 46:157-198.
- Goering, H.K., and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Ag. Handbook*. No. 379. ARS, USDA: Washington DC.
- 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 Int. Inc. Des Moines, LA.
- Jeon, B.T., Lee, S.M., Moon, S.H. and Kim, S.W. 1989. Studies on the productivity and adaptability of introduced Sorghum × Sudangrass hybrids in Jungweon and Chungju area. *J. Kor. Kon Kuk Uni. Jungweon Institute*. 8:143-153.
- Jeon, B.T., Moon, S.H. and Lee, S.M. 2012. A Comparative Studies on the growth Characteristics and Feed Components of Sorghum × Sudangrass hybrids at Paddy Field Cultivation. *The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 32:29-38.
- Ji, H.J., Lee, S.H., Yoon, S.H., Kim, W.H. and Lim, Y.C. 2010. Growth, Forage Production and Quality of Sorghum, Sorghum × Sudangrass and Sudangrass Hybrids at Paddy Field in Middle Region of Korea. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30:9-14.
- Kim, D.A., Chun, U.B., Shin, C.N., Kim, J.G., Shin, D.E., Kim, W.H. and Kim, J.K. 1998. Evaluation of the Government Recommended Forage Cultivars in Korea. *The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 18:1-10.
- Kim, J.D., Kwon, C.H., Kim, H.J., Park, J.G., Lee, B.S., Bing G.S. and Moon, S.T. 2002. Comparison of agronomic characteristics, forage yield and quality of Sorghum × Sudangrass hybrid. *The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 22:297-302.
- Kwon, C.H., Kim, E.J. and Cho, S. 2014. Effects of BMR variety and Corn Grain (Grounded) Supplement on Silage Quality of Sorghum × Sudan Hybrids. *The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 34:240-246.
- Lee, J.K., Kim, J.G., Shin, D.E., Yoon, S.H., Kim, W.H., Seo, S. and Park, G.J. 2000. Effects of Cutting Frequency on Yield and Nutritive Value Between Heading and Headless Varieties of Sorghum × Sudangrass Hybrid. *The Korean Society of Grassland*

- and Forage Science. 20:237-242.
- Li, J., Wang, L., Zhan, Q., Liu Y., Fu, B. and Wang, C. 2013. Sorghum *bmr6* mutant analysis demonstrates that a shared MYB1 transcription factor binding site in the promoter links the expression of genes in related pathways. *Functional & Integrative Genomics*. 13:445-453.
- Li, Y., Mao, P., Zhang, W., Wang, X., You, Y., Zhao, H., Zhai, L. and Liu, G. 2015. Dynamic Expression of the Nutritive Values in Forage Sorghum Populations Associated with White, Green and Brown Midrib Genotypes. *Field Crops Research*. 184:112-122.
- Lim, Y.C., Sung, B.R., Choi, G.J., Rim, Y.W., Kim, K.Y., Lim, K.B. and Park, G.J. 2002. Studies on the Growth Characteristics, Forage Yields and Nutritive Values of Heading and Headless Types of Sorghum × Sudangrass hybrids. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 22:213-220.
- MAFRA. 2016. Forage production and utilization for animal production. Minister of Agriculture Food and Rural Affairs.
- Marsalis, M.A., Flynn, R.P., Lauriault, L.M., Mesbah, A. and O'Neill, M.K. 2014. New Mexico 2013 Corn and Sorghum Performance Tests. Agricultural Experiment Station/Cooperative Extension Service. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences New Mexico State University.
- Moore, R.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. Univ. of Florida, Dept. of Animal Sci.
- Moyer, J.L. 2015. Forage Production of Sorghum Cultivars. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports. 1:1-3.
- Mutava, R.N., Prasad, P.V.V., Tuiunstra, M.R., Kofoid, K.D. and Yu, J. 2011. Characterization of Sorghum Genotypes for Traits Related to Drought Tolerance. *Field Crops Research*. 123:10-18.
- NACF. 2015. Report on adaptation of foreign grass and forage cultivars imported. National Agriculture Cooperative Federation (NACF).
- Oliver, A.L., Pedersen, J.F., Grant, R.J. and Klopfenstein, T.J. 2005. Comparative Effects of the Sorghum *bmr-6* and *bmr-12* Genes: I. Forage Sorghum Yield and Quality. *Crop Science*. 45:2234-2239.
- Poehlman, J.M. 1987. Breeding Sorghum and Millet. In: *Breeding Field Crop*. AVI Pub Co. Westport, CI. pp. 508-588.
- RDA. 2003. Agricultural research based on the test. Kor. Rural development administration.
- SAS. 2002. Statistical analysis system version 9.2. SAS Institute Inc, Cary, NC.
- Shin, C.N., Ko, K.H. and Kim, J.D. 2015. Comparison of Agronomic Characteristics, Productivity and Feed Values of Summer Sowing Sorghum Hybrids in Gyeongbuk. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 35:99-104.
- 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 Science*. 18:104-111.
- Undersander, D. 2003. Sorghums, sudangrasses, and sorghum sudangrass hybrids. *Focus on forage* 5:1-3

(Received : May 02, 2017 | Revised : September 08, 2017 | Accepted : October 26, 2017)