

## 新疆几种饲用甜高粱主要性状比较分析

阿依古丽·艾买尔<sup>1,2</sup>, 阿依夏姆古丽·麦麦提<sup>2</sup>, 张苏江<sup>1,2\*</sup>

(1.塔里木大学塔里木畜牧科技兵团重点实验室, 新疆阿拉尔 843300; 2.塔里木大学动物科学学院, 新疆阿拉尔 843300)

**摘要** [目的]筛选适合新疆气候土壤特性的饲用甜高粱品种。[方法]以8个甜高粱品种为试验材料,通过田间栽培试验对8个品种甜高粱的主要性状进行了比较分析。[结果]甜高粱M81的生物产量、株高、单株鲜重、分蘖数、茎节数、茎粗、叶长和叶宽最高,其次是丽欧和吉甜1号,LAMBAS和AS142较低;在成熟期丽欧和吉甜1号茎秆糖锤度最高,分别达到了23%和21%,其次是M81和新甜2号,糖锤度为19%和18%;延迟7~14 d收获可以明显提高甜高粱的糖含量。[结论]综合考虑8个供试甜高粱品种的主要性状表现,M81、吉甜1号 and 丽欧适应性较好,可以作为新疆饲用甜高粱品种进行利用。

**关键词** 甜高粱;生物产量;性状;糖锤度

中图分类号 S54 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)32-0040-03

## Comparative Analysis of Major Characteristics of Several Feeding Sweet Sorghum Cultivars in Southern Xinjiang

Aygu · Amar<sup>1,2</sup>, Ayshemgul · Memet<sup>2</sup>, ZHANG Su-jiang<sup>1,2</sup> (1.Key Laboratory of Tarim Animal Husbandry Science and Technology, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300; 2.College of Animal Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300)

**Abstract** [Objective] To select cultivars of forage sweet sorghum suitable for climate and soil characteristics in southern Xinjiang. [Method] The major characters of eight sweet sorghum cultivars were compared through field cultivation experiments. [Result] M81 sweet sorghum was the largest in biological yield, plant height, fresh weight per plant, tiller number, stem node, stem diameter and leaf length, followed by Lio and Jitian 1. Lambas and As142 were relatively low. The sugar content of sweet sorghum could be improved significantly by delaying harvest for 7-14 d. [Conclusion] The cultivars M81, Jitian 1 and Lio could be used as the forage sweet sorghum cultivars in southern Xinjiang because of good comprehensive performances of main characters compared with the other sweet sorghum cultivars.

**Key words** Sweet sorghum; Biological yield; Traits; Sugar brix

新疆位于天山与昆仑山之间,面积53万km<sup>2</sup>,约占新疆总面积的2/3,全国面积的1/10<sup>[1]</sup>。受沙漠气候影响,新疆干旱少雨、盐碱化严重、无霜期长、光照充足。随着人民生活水平的提高,肉食品在人民生活的比例快速上升,这为新疆牛羊的养殖提供了发展机遇。然而,受干旱沙漠环境的影响,新疆粗饲料资源严重不足,直接导致了牛羊养殖效益较差。为了解决粗饲料不足的问题,增加牛羊的养殖水平和效益,有必要选择生物产量高、抗逆性强、需水量低、营养价值高的饲料作物进行人工栽培。

甜高粱[*Sorghum bicolor* (L.) Moench]起源于非洲,属禾本科一年生草本植物,是普通高粱的一个变种。甜高粱属C<sub>4</sub>植物,CO<sub>2</sub>光补偿点低、饱和点高,具有在强光和高温下光合效率高的特点<sup>[2]</sup>。甜高粱在我国有悠久的栽培历史,其生物学性状随品种不同有很大的差异<sup>[3]</sup>。中国农业科学院对甜高粱的种质资源调查表明<sup>[4]</sup>,甜高粱主要性状的波动范围是生育期90~170 d,糖锤度4%~20%,株高200~435 cm,千粒重15~35 g,穗粒重20~70 g。甜高粱在旱季通过收缩气孔可以减少水损失,进而提高了水分的利用率<sup>[5]</sup>。甜高粱茎叶表面的腊质也有利于减少水分的损失<sup>[6]</sup>。由于具有耐盐碱、抗旱、光合效率高和生物产量高的特性<sup>[2,6-7]</sup>,甜高粱已经引起了普遍重视。不同甜高粱品种在南疆种植表型性状差异的研究较少,为了进一步研究不同甜高粱种质资源在南疆地理气候环境下的差异表现,笔者以8个甜高粱品种为试验材

料,对其主要的生物学性状进行比较分析,旨在为甜高粱在南疆地区的开发利用、解决南疆粗饲料资源不足的问题提供科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验于新疆阿拉尔市塔里木大学试验基地进行,年均气温10.7℃,年均日辐射6000 MJ/m<sup>2</sup>,年积温4700℃,无霜期200~240 d,年日照2500~3000 h,4—10月平均日照9.5 h,属典型温带大陆性干旱荒漠气候<sup>[8]</sup>。土壤类型为沙壤土,春灌1次,播种前精细整地,施尿素150 kg/hm<sup>2</sup>,磷酸二铵225~300 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥150~225 kg/hm<sup>2</sup>,结合犁地深翻入土。

**1.2 试验材料** 甜高粱品种有AS142、M81、LAMBAS、吉甜1号、X096、新甜2号、丽欧和高丹草,均由塔里木畜牧科技兵团重点实验室动物营养研究室提供。

仪器包括游标卡尺,卷尺、糖度计、拭镜纸、铁锹、枝剪钳、电子秤、纸袋子等。

**1.3 试验设计** 试验采用随机区组设计,3次重复,小区面积为30 m<sup>2</sup>,播种按行距0.60 m、株距0.15 m,播量为22.5 kg/hm<sup>2</sup>,播种深度为2.5~3.5 cm。播种采用穴播器人工播种。

**1.4 田间管理** 幼苗2~3叶期,进行1次间苗、中耕和锄杂草作业,4~6叶时结合锄杂草进行2次中耕,深度在10 cm左右;当植株长到70 cm左右再进行1次中耕培土,将行间土壤培于甜高粱的根基部,在行间形成垄沟,以促进根生长。全生育期灌水4次。头水在播种后25 d进行,此后每隔1个月左右进行1次灌水。

**1.5 测定指标及方法** 试验期间参照卢庆善提供的方法<sup>[9]</sup>,甜高粱在收获时每个区选取10株分别测定株高、茎粗、叶长、

**基金项目** 国家自然科学基金项目(31160472,31260565)。

**作者简介** 阿依古丽·艾买尔(1994—),女,维吾尔族,新疆拜城人,硕士研究生,研究方向:饲料资源开发利用研究。\*通讯作者,教授,硕士生导师,博士,从事动物营养与饲料专业的教学与研究。

**收稿日期** 2018-09-10

叶宽、节数、分蘖数、单株质量、单株叶质量、单株茎质量、糖锤度。其中,糖锤度使用糖锤度计(ATAGO,PAL-1日本爱拓公司)测定,茎粗采用电子数显示游标卡尺测定,株高、叶长、叶宽用普通米尺测定,单株质量、叶质量和茎质量用普通电子称测量。腊熟期田间收获3行,计产面积10 m<sup>2</sup>,测定小区生物产量。测定延迟7~21 d收获时的糖锤度。

**1.6 数据处理** 采用 Microsoft office 办公软件包中的 Excel 进行数据整理,数据分析采用统计软件 SPSS 19.0 进行单因素方差分析(One Way ANOVA),多重比较采用 Duncan's 法,显著性检验水平为 0.05。

## 2 结果与分析

**2.1 不同品种甜高粱株高、鲜重、叶重、茎重和生物产量的比较** 不同甜高粱品种株高、鲜重、叶重、茎重和穗重的比较见表 1。从表 1 可以看出,不同品种之间的株高、鲜重、叶重、茎

重和生物产量均存在显著性差异( $P<0.05$ ),其中 M81E 株高和生物产量最大,分别为 375 cm 和 113 730 kg/hm<sup>2</sup>,显著高于其它品种甜高粱株高和生物产量( $P<0.05$ ),AS140、LAMBAS、X096、新高粱 2 号和高丹草株高和生物产量较低,低于 310 cm 和 90 000 kg/hm<sup>2</sup>,而吉甜 1 号和丽欧两个品种的株高和生物产量居中,超过了 340 cm 和 90 000 kg/hm<sup>2</sup>。除高丹草在叶重和穗重方面与 M81 无显著差异外( $P>0.05$ ),其他几个品种在鲜重、叶重和茎重方面的变化与株高的变化趋势基本一致。

**2.2 不同品种甜高粱分蘖数、茎节数、茎粗、叶宽、叶长比较** 由表 2 可知,甜高粱品种 M81 的分蘖数、茎节数、茎粗、叶宽和叶长等指标最高,显著大于 AS142、X096、LAMBAS 和新甜 2 号( $P<0.05$ ),吉甜 1 号、丽欧则居中。高丹草的叶宽和叶长与 M81 相比无显著差异( $P>0.05$ )。

表 1 不同甜高粱品种株高、鲜重、叶重、茎重和生物产量的比较

Table 1 Comparison of plant height, fresh weight, leaf weight, stem weight and biological yield of different sweet sorghum varieties

品种名称 Variety name	株高 Plant height cm	单株鲜重 Fresh weight per plant//kg	单株叶重 Leaf weight per plant//kg	单株茎重 Stem weight per plant//kg	生物产量 Biological yield kg/hm <sup>2</sup>
AS142	138.60±6.11 e	0.27±0.07 c	0.06±0.02 d	0.19±0.04 c	51 874.80±1 023.15 e
M81	371.00±14.56 a	1.11±0.34 a	0.15±0.06 a	0.78±0.43 a	113 738.70±1 335.30 a
LAMBAS	184.60±7.37 d	0.26±0.06 c	0.04±0.01 d	0.21±0.05 c	63 802.80±738.75 c
吉甜 1 号 Jitian 1	344.80±13.12 b	0.83±0.05 b	0.11±0.01 b	0.69±0.05 a	96 795.45±1 530.15 b
X096	307.60±11.50 c	0.69±0.19 b	0.09±0.02 bc	0.58±0.16 b	84 387.45±1 186.80 c
新甜 2 号 Xintian 2	296.40±53.47 c	0.65±0.21 c	0.08±0.03 c	0.55±0.17 b	86 481.60±1 118.10 c
丽欧 Lio	340.00±17.49 b	0.68±0.10 b	0.11±0.01 b	0.54±0.09 b	96 845.40±858.75 b
高丹草 PaceSetter	307.80±19.02 c	0.67±0.18 b	0.13±0.07 ab	0.53±0.18 b	73 413.75±1 131.6 d

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level ( $P<0.05$ )

表 2 不同甜高粱品种分蘖数,茎节数、茎粗、叶宽和叶长比较

Table 2 Comparison of tiller number, stem node number, stem diameter, leaf length and width of different sweet sorghum varieties

品种名称 Variety name	分蘖数 Tillers 个	节数 Section number//节	茎粗 Stem diameter cm	叶宽 Leaf width cm	叶长 Leaf length cm
AS142	2.40±0.55 b	9.20±1.79 c	7.32±0.92 ab	8.72±0.83 ab	79.40±7.77 b
M81	3.40±0.71 a	14.20±1.30 a	8.34±1.15 a	9.02±1.12 a	96.00±3.39 a
LAMBAS	2.20±1.30 bc	8.80±0.84 e	5.18±0.54 c	6.40±0.82 c	64.40±5.46 c
吉甜 1 号 Jitian 1	3.20±1.64 a	13.20±0.84 ab	7.30±0.45 ab	8.20±0.45 ab	83.80±7.53 ab
X096	2.00±0.71 c	12.80±0.45 ab	7.42±0.43 ab	7.20±1.30 b	79.40±5.59 b
新甜 2 号 Xintian 2	2.40±1.52 b	12.00±1.00 b	6.40±1.14 b	8.00±1.87 b	80.20±4.71 b
丽欧 Lio	3.20±1.30 a	13.60±1.95 ab	6.20±0.45 b	7.00±0.71 b	80.80±9.23 b
高丹草 PaceSetter	1.80±0.45 c	10.60±0.55 c	6.30±0.45 b	8.20±0.84 ab	91.00±12.21 ab

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level ( $P<0.05$ )

**2.3 不同品种甜高粱延迟收获糖锤度变化** 由表 3 可知,成熟期糖锤度大于 20% 的甜高粱品种有丽欧、吉甜 1 号,显著高于其他品种糖锤度( $P<0.05$ ),糖锤度小于 15% 的甜高粱品种有 AS142、LAMBAS、X096,糖锤度大于 15% 而小于 20% 的品种有 M81、新甜 2 号和高丹草 3 个品种。延迟收获 7~14 d 可以增加相同品种甜高粱的糖分含量,但延迟到 21 d 时糖分含量的增幅并不明显。

## 3 结论与讨论

甜高粱品种 M81 的生物产量为 113 738.70 kg/hm<sup>2</sup>,吉甜 1 号和丽欧甜高粱品种的生物产量均超过了 90 000 kg/hm<sup>2</sup>,高丹草和 AS142 的生物产量最低,不足 75 000 kg/hm<sup>2</sup>。从株高、单株鲜重、茎重、叶重、茎节数、分蘖数、茎粗等指标来看,M81 甜高粱品种的数值也最大,吉甜 1 号和丽欧 2 个甜高粱品种的上述指标稍低于 M81,但 M81、吉甜 1 号、丽欧 3 个甜高粱

表3 不同甜高粱延迟收获糖锤度变化

Table 3 Changes of sugar brix of different varieties after delaying harvest

%

品种名称 Variety name	成熟期 Mature period	延迟 7 d Delaying for 7 d	延迟 14 d Delaying for 14 d	延迟 21 d Delaying for 21 d
AS142	12.82±1.95 c	14.57±2.12 d	13.98±2.58 c	13.49±4.11 b
M81	19.15±0.71 b	22.26±1.06 b	23.87±1.86 a	22.11±1.69 ab
LAMBAS	11.97±2.49 c	12.52±3.99 d	14.94±1.72 c	13.73±3.27 ab
吉甜 1 号 Jitian 1	21.01±1.36 a	22.77±2.41 b	22.27±2.21 a	23.15±2.63 a
X096	11.45±4.55 c	13.89±1.51 d	14.19±1.87 c	14.83±2.42 a
新甜 2 号 Xintian 2	18.76±1.54 b	20.87±2.19 bc	20.43±1.92 b	21.32±2.57 a
丽欧 Lio	23.53±0.88 a	24.86±1.76 a	24.00±2.08 a	24.51±2.73 a
高丹草 PaceSetter	16.60±1.64	18.08±5.12 c	18.77±4.92 bc	17.39±3.36 c

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著( $P<0.05$ )Note:Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level ( $P<0.05$ )

品种均高于其余 5 个品种相应的表型性状。赵香娜等<sup>[10]</sup>以 206 份甜高粱种质资源进行研究发现株高、茎直径变异幅度大,株高平均值为 272.33 cm,最高达 409.93 cm,茎直径平均值为 1.70 cm,最粗可达 2.50 cm。有研究发现<sup>[11]</sup>,甜高粱的生物产量在国外的纪录为 168 990 kg/hm<sup>2</sup>,国内的高产纪录为 1 575 495 kg/hm<sup>2</sup>,一般产量为 60 000 ~ 120 000 kg/hm<sup>2</sup>。Tefera 等<sup>[12]</sup>发现,晚熟的高粱品种与早熟品种间种会获得较高的产量。高明超等<sup>[13]</sup>统计了 22 个甜高粱品种的农艺性状参数,结果表明分蘖数和株高对生物产量的直接效应最大,株高、穗长、节数、分蘖数、主茎粗与生物产量呈极显著正相关,M81、吉甜 1 号和丽欧高粱品种较高的株高、较重的单株重及较多的分蘖数是引起其生物产量较高的因素。生物产量性状对甜高粱作为饲料作物在南疆的利用具有十分重要的意义。

此外,高丹草株高虽然只有 307 cm,显著低于 M81 的株高,但其叶重、叶长和叶宽与 M81 均无显著性差异( $P>0.05$ ),这说明高丹草叶量丰富,茎叶比较低,因此可能更容易被牛羊消化。中国科学院植物研究所对 30 个不同种质资源甜高粱的研究显示<sup>[9]</sup>,甜高粱的茎秆节数多在 10~20 节,叶片平均长度为 93 cm,幅度在 75~112 cm,叶片平均宽度为 9.1 cm,幅度为 7.7~11.2 cm,这与该试验的研究结果相似。

有研究发现,甜高粱的糖锤度大于 10.0%,一般品种糖锤度在 15.0%~20.0%<sup>[14]</sup>。M81、吉甜 1 号,新甜 2 号和丽欧甜高粱的糖锤度大于 18.0%,属于含糖量较高的甜高粱;AS142、LAMBAS、X096 甜高粱品种糖锤度小于 13.0%,属于低糖含量的甜高粱品种;高丹草糖锤度居中,为 16.6%。甘肃省张掖农业科学研究所石龙阁<sup>[15]</sup>测定了 2000 个甜高粱样本的汁液,糖锤度在 16.0%~27.0%,表明甜高粱的糖锤度远超甜菜的糖锤度(15.5%)。中国科学院植物研究所对 28 个引进的甜高粱品种每株籽粒产量与汁液锤度进行的相关性分析表明,汁液锤度与籽粒产量呈正相关<sup>[9]</sup>。此外,延迟收获 7~14 d 可以在一定程度上增加甜高粱的糖分含量,但延

迟 21 d 时收获甜高粱糖分的增加幅度非常有限,这与艾买尔江·吾斯曼等<sup>[16]</sup>的研究结果基本一致。在供试的 8 个甜高粱品种中,M81 的生物产量、株高、分蘖数、单株鲜重、单株叶重等指标最高,吉甜 1 号和丽欧居中,这 3 个品种的糖分含量也较高,因此,M81、吉甜 1 号和丽欧 3 个甜高粱品种可以作为南疆地区适栽品种。

#### 参考文献

- [1] 新疆维吾尔自治区统计局.新疆统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001.
- [2] JOSHI G, PANDEY J K, RANA S, et al. Challenges and opportunities for the application of biofuel [J]. Renewable & sustainable energy reviews, 2017, 79: 850-866.
- [3] 艾买尔江·吾斯曼, 吐热衣夏木·依米提, 张苏江. 不同基因型甜高粱品种干物质积累规律研究[J]. 塔里木大学学报, 2013, 25(1): 39-41.
- [4] 曹文伯. 我国甜高粱种质资源鉴定及利用概况[J]. 植物遗传资源学报, 2001, 2(1): 58-62.
- [5] DAR R A, DAR E A, KAUR A, et al. Sweet sorghum-a promising alternative feedstock for biofuel production[J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2018, 82(3): 4070-4090.
- [6] UMAGILIYAGE A L, CHOUDHARY R, LIANG Y N, et al. Laboratory scale optimization of alkali pretreatment for improving enzymatic hydrolysis of sweet sorghum bagasse[J]. Industrial crops & products, 2015, 74: 977-986.
- [7] HU S W, WU L M, STAFFAN P, et al. Sweet sorghum and *Miscanthus*: Two potential dedicated bioenergy crops in China[J]. Journal of integrative agriculture, 2017, 16(6): 1236-1243.
- [8] ZHANG S J, CHAUDHRY A S, RAMDANI D, et al. Chemical composition and *in vitro* fermentation characteristics of high sugar forage sorghum as an alternative to forage maize for silage making in Tarim Basin, China [J]. Journal of integrative agriculture, 2016, 15(1): 175-182.
- [9] 卢庆善. 甜高粱[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008: 83-102.
- [10] 赵香娜, 李桂英, 刘洋, 等. 国内外甜高粱种质资源主要性状遗传多样性及相关性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(3): 302-307.
- [11] 康志河, 杨国红, 杨晓平, 等. 发展甜高粱生产开创能源农业新时代[J]. 中国农学通报, 2005, 21(1): 340-341, 348.
- [12] TEFERA T, TANA T. Agronomic performance of sorghum and groundnut cultivars in sole and intercrop cultivation under semiarid conditions [J]. Journal of agronomy & crop science, 2010, 188(3): 212-218.
- [13] 高明超, 王鹏文. 甜高粱主要农艺性状遗传参数估计[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(5): 114, 124.
- [14] 赵立欣, 张艳丽, 沈丰菊. 能源作物甜高粱及其可供应性研究[J]. 可再生能源, 2005(4): 37-40.
- [15] 石龙阁. 我国甜高粱产业发展前景分析[J]. 杂粮作物, 2007, 27(3): 242-243.
- [16] 艾买尔江·吾斯曼, 吐热衣夏木·依米提, 张苏江. 延迟收获对甜高粱糖分含量的影响[J]. 新疆农垦科技, 2012(8): 9-10.