

文章编号: 1674-7054(2022)05-0502-07



不同刈割时期对甜高粱农艺性状及营养品质的影响

王太行¹, 潘成才¹, 王宇¹, 朱昆宇¹, 夏金泽¹,
吉怡颖¹, 伍治中¹, 江行玉¹, 周扬²

(1. 海南大学热带作物学院/海南省耐盐作物生物技术重点实验室, 海口 570228;
2. 海南大学园艺学院/海南省热带园艺作物品质调控重点实验室, 海口 570228)

摘要: 为了确定不同品种甜高粱的最佳刈割时期, 以海甜1号、M-81E和绿巨人为试验材料, 在海南省东方市上红兴村种植3个品种的甜高粱。分别在抽穗期、乳熟期、蜡熟期3个生育时期刈割, 测定了3个品种的株高、茎粗、单株鲜质量、单株干质量、产量等农艺性状和粗蛋白、酸中性纤维、可溶性糖等营养品质指标, 旨在为甜高粱种植、刈割提供参考依据。结果表明, 海甜1号、M-81E的植株高度在乳熟期达到最大, 分别为317.76、294.06 cm, 绿巨人的植株高度在蜡熟期达到最大值354.06 cm。海甜1号和绿巨人的单株鲜质量和小区产量从抽穗期到乳熟期显著增加, 在乳熟期达到最大值, 分别为1 996.71 g和2 240.97 g、28.99 kg和32.13 kg。M-81E的单株鲜质量和小区产量从抽穗期到蜡熟期逐渐递减, 在抽穗期达到最大值, 分别为1 667.55 g和24.11 kg。海甜1号、M-81E和绿巨人的单株干质量和干物质含量从抽穗期到蜡熟期都是递增。海甜1号和绿巨人的中性洗涤纤维含量、酸性洗涤纤维含量从抽穗期到蜡熟期都是先增加后减少; M-81E则是递减的趋势。3个品种的可溶性糖和粗灰分含量从抽穗期到蜡熟期皆是递增的趋势。3个品种的粗蛋白含量从抽穗期到蜡熟期皆是递减的趋势。海甜1号和M-81E的相对饲用价值在蜡熟期达到最大, 分别为117.20和142.55, 绿巨人在抽穗期达到最大值95.43。不同刈割时期对甜高粱农艺性状及营养指标的影响存在显著差异, 综合农艺性状和营养指标, 海甜1号和绿巨人在乳熟期到蜡熟期刈割比较合适, M-81E在抽穗期到乳熟期刈割比较合适。

关键词: 甜高粱; 生育时期; 农艺性状; 营养品质

中图分类号: S 566.5 **文献标志码:** A

引用格式: 王太行, 潘成才, 王宇, 等. 不同刈割时期对甜高粱农艺性状及营养品质的影响 [J]. 热带生物学报, 2022, 13(5): 502-508. DOI: 10.15886/j.cnki.rds wxb.2022.05.011

甜高粱 [*Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden] 是一年生禾本科植物, 属于粒用高粱的1个变种, 杂种优势强。其不仅生物产量高, 且草性好、再生能力强, 可在生长期多次刈割^[1], 用作饲草时, 具有较高的饲用价值, 用于制糖、酱酒、造纸及生产乙醇时, 具有较高的经济价值和能源价值^[2-3], 用作苜蓿时, 具有韧性好、价格便宜、使用过程中不产生静电等特点。甜高粱属于可再生资源且不会对环境造成污染, 在推动生态环境建设和农业可

持续发展方面具有较大发展空间^[4]。甜高粱广泛分布于全球大部分半干旱地区, 具有耐涝、耐盐碱及耐旱等特性, 对生长环境条件要求相对较低, 对土壤的适应能力较强, 尤其是其耐盐碱的能力比玉米更强, 在pH值为5.0~8.5的土壤上都能生长, 其在10℃以上、积温2 600~4 500℃就可以生长。此外, 甜高粱还是高能作物, 其光合转化率高, 高达18%~28%^[5], 享有作物中的“骆驼”之美誉。

甜高粱生长旺盛, 再生能力强, 李宁等^[6]研究

收稿日期: 2022-03-03

修回日期: 2022-04-11

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFE0207203-2); 2019年海南省基础与应用基础研究计划(自然科学领域)高层次人才项目(2019RC046); 国家自然科学基金(31660253); 海南大学科研启动项目[KYQD(ZR)1845]

第一作者: 王太行(1992-), 男, 海南大学热带作物学院2019级硕士研究生. E-mail: sdwth1995hll@163.com

通信作者: 周扬(1988-), 男, 副教授, 博士. 研究方向: 植物抗逆分子研究. E-mail: zhouyang@hainanu.edu.cn

发现在相同种植管理条件下, 饲用甜高粱 2 次刈割收获总产量均高于青贮玉米产量。甜高粱茎秆鲜嫩、汁液丰富、含糖量高, 含糖量比青贮玉米高 2 倍^[7]; 石永顺等^[8] 研究结果表明, 甜高粱秸秆平均每公顷可产糖 0.9~1.5 t, 比甜菜制糖的效益高约 35%。甜高粱的营养价值丰富, 其多种营养成分含量均优于玉米, 渠晖等^[9] 研究发现甜高粱每公顷的粗蛋白和可消化干物质产量分别是玉米的 1.4 倍和 1.6 倍。利用甜高粱制作青贮饲料喂养牲畜, 其适口性、消化率以及营养价值均优于玉米青贮, 可明显提高经济效益^[10-11]。

虽然前人对甜高粱的农艺性状和营养品质已经进行了大量研究, 但对同一品种不同生育时期的研究相对较少。不同甜高粱品种收获时期不同, 在农艺性状、营养成分含量、干物质积累和转运方式及衰老速度等方面均有所差异^[12], 研究结果也有所不同。因此, 针对具体的品种制定特定的栽培技术能够有效地服务于甜高粱生产。针对不同生育时期收获对甜高粱生物产量和营养品质的影响, 陈鹏等^[13] 研究发现作为饲用时, 其生物量和品质达到最佳结合点时最佳收获时期为抽穗期以前; 王海莲等^[12] 研究显示综合考虑生物量、营养品质和青贮品质, 乳熟期到蜡熟期是甜高粱收获的最佳时期。本研究以甜高粱海甜 1 号、M-81E 和绿巨人为试验材料, 在海南省东方市八所镇上红兴村开展大田试验, 分别在抽穗期、乳熟期和蜡熟期 3 个生育时期收获取样, 通过分析不同刈割时期对试验材料农艺性状及营养品质的影响, 以期确定甜高粱收获的最佳时期, 并对甜高粱在该地区种植的适应性做出评价, 为其在当地大面积推广应用提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地位于海南省东方市八所镇上红兴村(108°73'86"E, 19°06'54"N)。试验田土壤为红土, 土壤有机质含量为 14.90 g·kg⁻¹, 碱解氮含量为 108.47 mg·kg⁻¹, 速效氮含量为 174.32 mg·kg⁻¹, 速效磷含量为 45.86 mg·kg⁻¹, pH 7.44。

1.2 试验材料与种植方式 试验材料为海甜 1 号、M-81E 和绿巨人 3 个甜高粱品种, 海甜 1 号营养品质高、再生能力强、产量较高, 由海南省耐盐作物生物技术重点实验室提供; M-81E 含糖量

高、营养品质好, 广泛用于试验研究, 由山东师范大学生命科学学院提供; 绿巨人植株高大、产量高, 市场推广面积大, 购自北京百斯特草业有限公司。试验采取随机区组设计, 每个品种设置 3 个小区, 每个小区长 5 m, 宽 3 m, 行距 50 cm, 株距 25 cm。采用人工播种, 每穴播 2 粒, 后期间苗, 每穴留 1 株。施肥除草等种植管理按照田间常规管理。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 农艺性状测定 待植株生长到抽穗期(雄蕊充分外露, 开花程度达到 50%)、乳熟期(籽粒迅速膨大饱满, 胚乳成乳油状)、蜡熟期(籽粒完全成型, 表层呈蜡质状)时, 在每个小区内分别取长势一致的 10 株分别测定农艺性状。株高: 从地面到植株叶片自然高度的最高处, 穗顶超过叶片自然高度最高处时, 株高为地面到植株穗顶的垂直高度; 茎粗: 从地面起第三节中间处的直径为茎粗, 用游标卡尺测量; 单株鲜质量: 把单个植株沿地面刈割后用电子天平称取的质量; 单株干质量: 把植株截成 20~30 cm, 放于信封中在 105 °C 烘箱杀青 0.5 h, 75 °C 烘箱烘干至恒重; 干物质含量: 干质量与鲜质量的比值。小区产量: 在生长的 3 个时期内, 分别取种植小区中的 2 m 双行植株共计 1 m², 在地上部 15 cm 处刈割称质量, 计为小区产量(kg), 并换算为单位面积产量(t·hm⁻²)。

1.3.2 营养品质测定 将烘干后的样品粉碎, 过 0.425 mm 筛网, 装入密封袋, 后续测定营养成分。粗蛋白用凯氏定氮法测定^[14]; 酸性洗涤纤维(ADF)和中性洗涤纤维(NDF)用范氏洗涤法改进后的滤袋法测定^[14]; 可溶性糖用蒽酮硫酸比色法测定^[14]; 粗灰分用直接灰分法测定^[14]; 粗脂肪用索氏提取法测定^[14]。

1.3.3 相对饲用价值 干物质采食量(Dry Matter Intake, DMI, %)、可消化干物质(Digestible Dry Matter, DDM, %)以及相对饲用价值(Relative Feed Value, RFV)的计算公式如下^[15]:

$$\begin{aligned} \text{DMI} &= 120/\text{NDF} \times 100\%; \\ \text{DDM} &= (88.9 - 0.779 \times \text{ADF}) \times 100\%; \\ \text{RFV} &= \text{DMI} \times \text{DDM}/1.29. \end{aligned}$$

1.4 数据处理分析 利用 WPS Office 进行处理分析, 利用 IBM SPSS Statistics 23 软件进行沃勒-邓肯方差分析和多重分析, 利用 origin2021 作图。

2 结果与分析

2.1 不同甜高粱品种在不同刈割时期的农艺性状差异 从表1可以看出,3个品种的单株干质量和干物质含量均随着生育时期的推进呈递增趋势,在蜡熟期达到最大值。海甜1号和绿巨人的单株鲜质量在3个生育时期内表现为先增大后减小,在乳熟期和蜡熟期变化差异不显著,均显著高于抽穗期;M-81E的单株鲜质量则表现为逐渐减少,在抽穗期和乳熟期均显著高于蜡熟期。海甜

1号和绿巨人的茎粗在3个生育时期内表现为先增大后减小,海甜1号在乳熟期和蜡熟期变化差异不显著,而绿巨人变化差异显著;M-81E的茎粗则表现为显著下降。海甜1号和M-81E的株高在3个生育时期内表现为先增大后减小,在乳熟期和蜡熟期均显著高于抽穗期,绿巨人的株高在3个生育时期内表现为递增趋势,在乳熟期和蜡熟期变化差异不显著。以上结果表明,甜高粱的农艺性状在不同生育时期表现不同,因此,不同刈割时期对甜高粱的农艺性状有着显著影响。

表1 不同甜高粱品种在3个生育时期农艺性状的统计分析

品种	时期	株高/cm	茎粗/mm	单株鲜质量/g	单株干质量/g	干物质含量/%
V1	S1	284.81±3.55de	24.73±0.28cd	1818.17±16.31d	389.95±6.97e	21.46±0.56f
	S2	317.76±3.66b	26.02±0.14b	1996.71±21.51c	504.52±10.80bcd	25.27±0.44de
	S3	310.07±5.56bc	25.26±0.32bc	1935.56±21.68c	533.50±11.60b	27.56±0.30cd
V2	S1	272.41±6.02e	23.80±0.39d	1667.55±23.31e	301.07±3.44f	18.06±0.18g
	S2	294.06±6.11cd	21.34±0.19e	1612.50±19.55e	465.74±18.98d	28.92±1.52bc
	S3	285.51±3.18de	19.45±0.51f	1432.37±25.68f	501.78±8.12bcd	35.04±0.46a
V3	S1	305.27±3.96bc	25.91±0.42b	2097.77±35.46b	489.78±11.44cd	23.36±0.69ef
	S2	345.81±8.19a	28.43±0.17a	2240.97±22.52a	528.39±9.22bc	23.58±0.38ef
	S3	354.06±5.10a	26.01±0.23b	2181.15±18.90a	671.15±15.36a	30.77±0.65b

注:V1表示海甜1号;V2表示M-81E;V3表示绿巨人;S1表示抽穗期;S2表示乳熟期;S3表示蜡熟期。不同小写字母表示不同生育时期和品种间差异显著性($P<0.05$),下同。

在抽穗期时,3个品种的鲜质量和干质量差异皆显著,绿巨人的株高和茎粗与海甜1号和M-81E差异均显著,海甜1号和M-81E的株高和茎粗差异不显著;M-81E的干物质含量与海甜1号和绿巨人差异均显著;在乳熟期时,3个品种的株高、茎粗和单株鲜质量差异皆显著,绿巨人的单株干质量与M-81E的差异显著,与海甜1号的差异不显著,M-81E的干物质含量显著高于海甜1号和绿巨人的;在蜡熟期时,3个品种的株高、单株鲜质量和干物质含量差异皆显著,海甜1号和绿巨人的茎粗显著高于M-81E的,绿巨人的干质量显著高于海甜1号和M-81E的。以上结果表明,同一生育时期各品种的相应农艺性状变化程度也不一致,因此,不同品种的甜高粱农艺性状差异显著。

从表2可以看出,海甜1号小区产量和单位面积产量均在乳熟期达到最大值,分别为28.99 kg和145.04 t·hm⁻²;M-81E小区产量和单位面积产量均在抽穗期达到最大值,分别为24.11 kg和120.61 t·hm⁻²;绿巨人小区产量均和单位面积产量均在乳熟期达到最大值,分别为32.13 kg和160.75 t·hm⁻²。

在抽穗期、乳熟期和蜡熟期3个生育时期内,3个品种的小区产量和单位面积产量均差异显著。结果表明,同一品种不同刈割时期产量不同,田间种植时应根据品种特性来确定其最适的收获时期。

表2 不同甜高粱品种在3个生育时期的产量分析

品种	时期	小区产量/kg	单位面积产量/(t·hm ⁻²)
V1	S1	26.18±0.23e	130.97±1.17e
	S2	28.99±0.41cd	145.04±2.05cd
	S3	27.99±0.24d	140.00±1.20d
V2	S1	24.11±0.27f	120.61±1.33f
	S2	23.22±0.28f	116.16±1.41f
	S3	20.80±0.53g	104.07±2.67g
V3	S1	30.09±0.62bc	150.50±3.13bc
	S2	32.13±0.32a	160.75±1.62a
	S3	31.41±0.27ab	157.12±1.36ab

2.2 不同甜高粱品种在不同刈割时期的茎秆鲜质量和叶鲜质量占比差异 从图1-a可以看出,海甜1号、M-81E和绿巨人在3个生育时期内,茎秆(包括穗)鲜质量占总鲜质量的比例都是逐渐增

加的,在蜡熟期达到最大值,分别为 84.07%、84.47%、81.99%。在抽穗期,绿巨人与 M-81E 的差异不显著,与海甜 1 号的差异显著;在乳熟期和蜡熟期,3 个品种茎秆鲜质量占比差异均不显著。

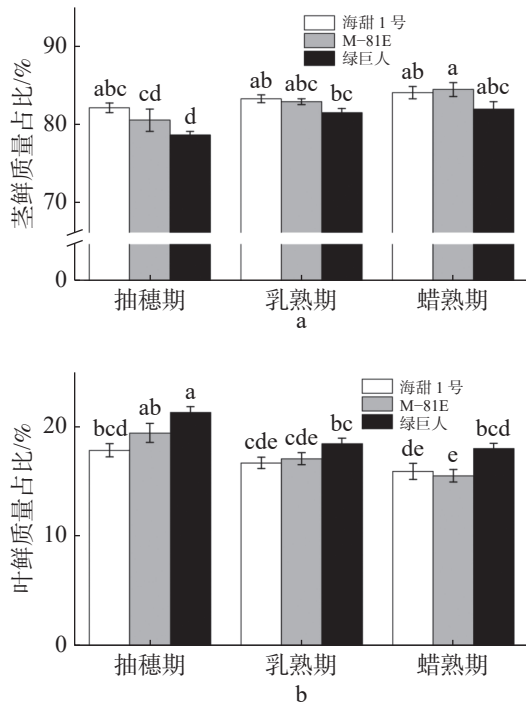


图 1 不同甜高粱品种在 3 个生育时期茎秆鲜质量(a)和叶鲜质量(b)占比分析

从图 1-b 中可以看出,海甜 1 号、M-81E 和绿巨人在 3 个生育时期内,叶鲜质量占总鲜质量的比例都是逐渐减少,在抽穗期达到最大值,分别为 17.85%、19.45%、21.32%。在抽穗期,绿巨人与 M-81E 的差异不显著,与海甜 1 号的差异显著;在蜡熟期,绿巨人与海甜 1 号的差异不显著,与 M-81E 的差异显著;在乳熟期,3 个品种差异均不显著。

2.3 不同甜高粱品种在不同刈割时期的营养品质差异

从表 3 可以看出,3 个品种的粗蛋白含量

均随着生育时期的推进呈现逐渐降低,但 3 个品种粗蛋白含量在生育时期之间降低的程度却显著不同,海甜 1 号粗蛋白含量在抽穗期到蜡熟期均显著降低,另外 2 个品种粗蛋白含量从抽穗期到乳熟期变化不显著。海甜 1 号的粗脂肪含量在 3 个生育时期内呈现先降低再增加,抽穗期到乳熟期变化差异不显著,蜡熟期显著增加;M-81E 和绿巨人在 3 个生育时期内粗脂肪含量呈现递增的趋势,均在蜡熟期达到最大值。3 个品种的可溶性糖含量随着生育期的推进呈现递增趋势,都在蜡熟期达到最大值,且在 3 个生育时期内差异均显著。3 个品种的粗灰分含量随着生育期的推进呈现递增趋势,都在蜡熟期达到最大值。海甜 1 号和绿巨人的酸、中性洗涤纤维含量在 3 个生育时期内先增加后降低,海甜 1 号在蜡熟期最低,绿巨人在抽穗期最低;M-81E 则是递减的趋势,在蜡熟期最低。以上结果说明,各营养指标含量在不同生育时期有着明显不同,因此不同刈割时期对甜高粱营养品质有着显著的影响。

在抽穗期时,3 个品种的粗脂肪和酸性洗涤纤维含量差异均不显著;海甜 1 号和绿巨人的粗蛋白和可溶性糖含量显著高于 M-81E;海甜 1 号和 M-81E 的粗灰分和中性洗涤纤维含量均显著低于绿巨人。在乳熟期时,3 个品种的可溶性糖和酸中性洗涤纤维含量均差异显著;海甜 1 号与 M-81E 的粗脂肪和粗灰分含量差异均不显著,与绿巨人的差异均显著;海甜 1 号和绿巨人的粗蛋白含量显著高于 M-81E 的。在蜡熟期时,3 个品种的粗灰分、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量差异均显著;3 个品种的粗脂肪含量差异均不显著;海甜 1 号和绿巨人的可溶性糖含量显著低于 M-81E

表 3 不同甜高粱品种在 3 个生育时期营养品质的统计分析

品种	时期	粗蛋白/%	粗脂肪/%	可溶性糖/%	粗灰分/%	中性洗涤纤维/%	酸性洗涤纤维/%
V1	S1	7.40±0.19a	2.72±0.13c	6.54±0.15f	4.87±0.13d	52.55±1.46c	31.38±0.73cd
	S2	6.62±0.23b	2.68±0.12c	7.50±0.10d	5.29±0.14cd	57.21±1.33b	35.41±1.43b
	S3	5.24±0.11c	4.52±0.22a	8.48±0.09bc	5.57±0.15c	51.58±0.86c	30.72±0.83cd
V2	S1	5.85±0.12c	2.43±0.16c	7.13±0.09e	4.90±0.09d	51.89±2.12c	31.19±1.97cd
	S2	5.43±0.28c	2.79±0.19c	8.67±0.08b	5.31±0.10cd	51.30±0.81c	29.88±0.43d
	S3	4.40±0.04d	4.36±0.21ab	9.40±0.10a	6.04±0.13b	45.21±0.57d	25.22±0.39e
V3	S1	7.59±0.34a	2.64±0.17c	6.42±0.09f	5.45±0.19c	60.81±0.36b	34.04±0.66bc
	S2	6.98±0.21ab	3.87±0.21b	8.27±0.10c	7.15±0.16a	67.80±0.42a	43.78±0.55a
	S3	4.39±0.28d	4.21±0.17ab	8.68±0.06b	7.55±0.05a	65.50±0.72a	42.27±0.74a

的;海甜1号的粗蛋白含量显著高于M-81E和绿巨人的。以上结果说明,同一生育时期各品种的同—营养指标含量高低也不尽相同,因此,不同品种甜高粱营养品质也有显著差异。

2.4 不同甜高粱品种在不同刈割时期的饲用价值差异 表4表明,海甜1号在3个生育时期内,其干物质采食量、可消化干物质和相对饲用价值从抽穗期到乳熟期显著降低,从乳熟期到蜡熟期显著增加。M-81E在3个生育时期内,其干物质采食量、可消化干物质和相对饲用价值皆呈现递增的趋势,从乳熟期到蜡熟期显著增加;绿巨人在3个生育时期内,其干物质采食量、可消化干物质和相对饲用价值皆呈现先降低后升高的趋势,从抽穗期到乳熟期显著降低。结果表明,不同刈割时期对甜高粱饲用价值会产生显著影响。

表4 不同甜高粱品种在3个生育时期干物质采食量、可消化干物质和相对饲用价值的统计分析

品种	时期	干物质采食量/%	可消化干物质/%	相对饲用价值
	S1	2.29±0.06b	64.46±0.57bc	114.24±2.91b
V1	S2	2.10±0.05c	61.32±1.11d	99.87±3.89c
	S3	2.33±0.04b	64.97±0.64bc	117.20±1.19b
	S1	2.32±0.10b	64.60±1.53bc	116.40±7.21b
V2	S2	2.34±0.04b	65.62±0.33b	119.06±2.20b
	S3	2.66±0.03a	69.25±0.31a	142.55±1.91a
	S1	1.97±0.01cd	62.38±0.51cd	95.43±0.23c
V3	S2	1.77±0.01e	54.79±0.43e	75.19±1.01d
	S3	1.83±0.02de	55.97±0.58e	79.52±1.66d

在抽穗期时,3个品种的可消化干物质差异不显著;海甜1号和M-81E的干物质采食量和相对饲用价值均差异不显著,与绿巨人均差异显著。在乳熟期时,3个品种的干物质采食量、可消化干物质和相对饲用价值均差异显著。在蜡熟期时,3个品种的干物质采食量、可消化干物质和相对饲用价值均差异显著。结果表明,不同品种甜高粱的饲用价值有显著差异。

3 讨论

3.1 不同刈割时期对甜高粱农艺性状的影响 饲用作物的生物产量受多种农艺性状的共同影响,不同品种的农艺性状对生物产量的影响程度不尽相同^[16]。通过分析相关农艺性状、营养品质等指标获得品种的最佳收获期,对试验品种后期在该地区的种植推广具有指导意义。王海莲等^[12]研究

表明甜高粱的鲜质量和干质量从孕穗期到蜡熟期均显著增加,李春宏等^[17]研究表明甜高粱的鲜质量和干质量在开花期和灌浆期时显著高于乳熟期和完熟期。以上研究结果的差异可能来源于品种的农艺性状、激素含量、干物质的积累和转运方式等因素。海甜1号、M-81E和绿巨人3个品种的干物质含量从抽穗期到蜡熟期逐渐增加,这与前人研究的干物质含量随着生育期的推进而逐渐增加,在完熟期达到最大的结果一致^[18],在藜麦和玉米等饲用作物中也表现出类似规律^[19-20]。本研究通过对海甜1号、M-81E和绿巨人3个品种在农田环境中3个生育时期的农艺性状进行分析,结果表明,M-81E在蜡熟期时的单株鲜质量显著低于抽穗期和乳熟期,在抽穗期和乳熟期变化差异不显著,单株干质量从抽穗期到乳熟期显著增加,从乳熟期到蜡熟期变化差异不显著,小区产量也表现出相似规律。因此,M-81E要获得最大生物量,在乳熟期刈割比较合适;海甜1号和绿巨人的单株鲜质量从抽穗期到乳熟期均显著增加,从乳熟期到蜡熟期变化差异不显著,海甜1号和绿巨人的单株干质量从抽穗期到蜡熟期逐渐递增,小区产量也表现出相似规律,因此,海甜1号和绿巨人要获得最大的生物量,在蜡熟期刈割比较合适。

3.2 不同刈割时期对甜高粱营养品质的影响 综合评价一个品种,除了生物产量,还要考虑其营养品质。评价饲用作物营养品质的常用指标有粗蛋白、可溶性碳水化合物、粗灰分、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维等。酸性洗涤纤维作为饲料中最难消化的成分,其含量和中性洗涤纤维含量的高低直接影响牲畜对这种饲料的消化率和采食量^[21]。王海莲等^[12]研究显示,随着生育期的推进,甜高粱的中性洗涤纤维与酸性洗涤纤维含量皆显著增加。崔凤娟等^[22]研究证实,甜高粱在蜡熟期和完熟期的中性洗涤纤维含量显著低于孕穗期和开花期,酸性洗涤纤维在孕穗期最高。赵斌等^[23]研究表明,大麦随着刈割时期的后移,酸、中性洗涤纤维质量分数先升高后降低,在燕麦中也表现出类似规律^[24]。本研究结果显示,海甜1号和绿巨人的酸、中性洗涤纤维含量从抽穗期到乳熟期显著增加,海甜1号从乳熟期到蜡熟期显著减少,蜡熟期含量降至最低,绿巨人从乳熟期到蜡熟期变化差异不显著,抽穗期含量最低,M-81E的酸、中性洗涤纤维含量从抽穗期到蜡熟期呈递减趋势,在蜡

熟期时显著减少。因此, 仅从酸、中性纤维含量的角度, 海甜1号和M-81E在蜡熟期刈割比较合适, 绿巨人在抽穗期刈割比较合适。

粗脂肪对牲畜的适口性有较大影响, 粗脂肪含量越高, 其适口性越好, 营养价值越高。张志儒等^[25]研究表明串叶松香草体内的粗脂肪含量在不同生长期呈现先降低后升高的趋势, 曾德斌等^[26]研究表明玉米体内的粗脂肪含量随生育期的推进呈升高的趋势, 本研究结果显示, 3个品种的粗脂肪含量从抽穗期到蜡熟期皆显著增加。前人研究表明, 粗蛋白含量在抽穗期之后会显著降低^[27], 这与本研究结果相似, 即3个品种的粗蛋白含量从抽穗期到蜡熟期逐渐降低, 但绿巨人从抽穗期到乳熟期的降低没有达到显著水平。

3.3 不同刈割时期对甜高粱饲用价值的影响 相对饲用价值作为常用的饲用评价标准, 在饲用高粱和饲用玉米的饲用价值评价体系中已得到广泛应用^[14, 28-29]。有研究显示, 甜高粱相对饲用价值随着生育时期的推进逐渐降低^[12], 赵斌等^[23]研究结果显示大麦的相对饲用价值先降低后升高。本研究结果显示, 海甜1号的相对饲用价值从抽穗期到乳熟期显著降低, 从乳熟期到蜡熟期显著增加; M-81E从抽穗期到蜡熟期呈递增趋势, 从乳熟期到蜡熟期显著增加; 绿巨人从抽穗期到乳熟期显著降低, 从乳熟期到蜡熟期变化不显著。3个品种相对饲用价值大小排序为M-81E, 海甜1号, 绿巨人。同一品种不同生育时期的相对饲用价值研究较少, 但根据相对饲用价值的公式可知, 影响相对饲用价值大小的因素是酸、中性洗涤纤维。从已有研究结果来看, 不同品种的酸、中性洗涤纤维变化规律并不一致, 导致相对饲用价值在不同品种间变化规律也不一致。

4 结论

不同刈割时期对甜高粱农艺性状和营养品质存在显著影响。研究者研究的品种不同, 种植环境不同, 导致研究结果也不尽相同, 因此, 应根据每个研究品种用途所需的主要指标变化特点来确定其最佳收获时期。综合生物量和营养品质, 海甜1号和绿巨人在乳熟期到蜡熟期刈割比较合适, M-81E在抽穗期到乳熟期刈割比较合适。海甜1号的粗蛋白和粗脂肪含量较M-81E和绿巨人高, 粗灰分含量较两者低, 生物量稍低于绿巨人,

却显著高于M-81E。因此, 海甜1号在该地区种植时适应性较好, 有进一步研究推广的价值。

参考文献:

- [1] 王黎明, 焦少杰, 姜艳喜, 等. 早熟特用高粱品种的推广种植[J]. 种子, 2014, 33(5): 104-105.
- [2] 周亚星, 周伟, 徐寿军, 等. 不同生育时期甜高粱茎秆糖锤度与农艺性状及生物产量的相关分析[J]. 河南农业科学, 2019, 48(9): 46-53.
- [3] 郭平银, 齐士军, 徐宪斌, 等. 能源植物甜高粱的研究利用现状及展望[J]. 山东农业科学, 2007(3): 126-128.
- [4] 严洪冬, 焦少杰, 王黎明, 等. 帚用高粱新品种龙帚2号的选育及栽培技术[J]. 种子, 2018, 37(3): 131-134.
- [5] 王栋, 孙峰, 陈吉宝. 甜高粱抗逆性研究进展[J]. 河南农业, 2017(14): 26-28.
- [6] 李宁, 张元, 熊海谦, 等. 不同饲用甜高粱品种与青贮玉米产量、品质的比较试验[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(3): 180-184.
- [7] 陆水怡, 李南珠, 邹剑秋, 等. 甜高粱的生物学特性、研究现状与开发应用前景[J]. 江苏农业科学, 2009(3): 11-13.
- [8] 石永顺, 王艳秋, 王立新, 等. 加快甜高粱科研和生产开发[J]. 辽宁农业科学, 2004(3): 30-31.
- [9] 渠晖, 沈益新. 甜高粱用作青贮作物的潜力评价[J]. 草地学报, 2011, 19(5): 808-812.
- [10] CUMMINS D G. Yield and quality changes with maturity of Silage-type sorghum fodder [J]. *Agronomy Journal*, 1981, 73(6): 988-990.
- [11] OLIVER A L, GRANT R J, PEDERSEN J F, et al. Comparison of Brown Midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87(3): 637-644.
- [12] 王海莲, 王润丰, 刘宾, 等. 不同生长时期收获对甜高粱农艺性状及营养品质的影响[J]. 中国农业科学, 2020, 53(14): 2804-2813.
- [13] 陈鹏, 罗峰, 高建明, 等. 不同播期对不同生育时期甜高粱品质性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(5): 2608-2609, 2620.
- [14] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 46-55.
- [15] 张吉鹏. 反刍家畜粗饲料品质评定的指标及其应用比较[J]. 中国畜牧杂志, 2006(5): 47-50.
- [16] 何振富, 贺春贵, 陈平, 等. 不同甜高粱品种(系)农艺性状与产量、品质的相关性研究[J]. 中国饲料, 2021(13): 84-91.
- [17] 李春宏, 苏衍菁, 张培通, 等. 不同刈割时期对甜高粱产量和品质的影响[J]. 南方农业学报, 2018, 49(2): 239-245.
- [18] ATIS I, KONUSKAN O, DURU M, et al. Effect of harvesting time on yield, composition and forage quality of some forage sorghum cultivars [J]. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2012, 14(6): 1560-8530.
- [19] 姜庆国, 温日宇, 张魏斌, 等. 饲草藜麦不同采收期饲用价值分析及对肉牛生长性能的影响[J]. 中国饲料,

- 2021, 10: 17–21.
- [20] 李影正, 严旭, 吴子周, 等. 饲草玉米不同生育期的产量、品质和青贮利用研究[J]. *草业学报*, 2019, 28(7): 82–91.
- [21] MULLET J E, ROONEY W L. Method for production of sorghum hybrids with selected flowering times: 9, 428, 762, [P]., 2016-8-30.
- [22] 崔凤娟, 田福东, 王振国, 等. 饲用高粱品种品质性状的比较及评价[J]. *草地学报*, 2012, 20(6): 1112–1116.
- [23] 赵斌, 陈晓东, 季昌好, 等. 不同刈割时期与干燥方式对大麦饲草品质的影响[J]. *草原与草坪*, 2020, 40(5): 98–101.
- [24] 张莹, 陈志飞, 杨云贵, 等. 不同刈割时期对春播、秋播燕麦干草产量和品质的影响[J]. *草业学报*, 2016, 25(11): 124–135.
- [25] 张志儒, 李超欣, 马骏, 等. 高蛋白饲草串叶松香草不同生长期营养成分分析[J]. *中国饲料*, 2020(21): 130–133.
- [26] 曾德斌, 王军民, 吴向阳, 等. 青贮玉米不同品种和生育时期植株体的营养品质分析[J]. *湖北农业科学*, 2019, 58(5): 85–87+95.
- [27] 崔彩霞, 董宽华, 范华. 不同刈割期和干燥方法对牧草营养成分含量的影响[J]. *中国草地*, 2002(1): 33–38.
- [28] 陈柔屹, 唐祈林, 荣延昭, 等. 刈割方式对饲草玉米 SAUMZI 产量和饲用品质的影响[J]. *四川农业大学学报*, 2007, 25(3): 244–248.
- [29] 彭安琪, 李小梅, 王红, 等. 8种一年生饲料作物生产性能及相对饲用价值[J]. *草业科学*, 2019, 41(1): 45–50.

Analysis on agronomic characters and nutritional quality of sweet sorghum after cutting in different stages

WANG Taihang¹, PAN Chengcai¹, WANG Yu¹, ZHU Kunyu¹, XIA Jinze¹,
JI Yiying¹, WU Zhizhong¹, JIANG Xingyu¹, ZHOU Yang²

(1. Hainan Key Laboratory for Biotechnology of Salt Tolerant Crops, School of Tropical Crops, Hainan University, Haikou, 570228; 2. Key Laboratory for Quality Regulation of Tropical Horticultural Crops of Hainan Province, School of Horticulture, Hainan University, Haikou, 570228)

Abstract: In order to study the effects of cutting at different periods on agronomic traits and nutritional quality of sweet sorghum, sweet sorghum varieties ‘Haitian 1’, ‘M-81E’ and ‘Green Hulk’ were planted in Dongfang, Hainan and cut at three growth stages. Agronomic traits including plant height, stem diameter, fresh weight per plant, dry weight per plant and yield, as well as nutritional quality parameters including crude protein, acid neutral fiber and soluble sugar were systematically determined at the heading, milk and dough stages to provide reference for the planting and harvesting of these sorghum varieties. The results showed that the plant heights of ‘Haitian 1’ and ‘M-81E’ was maximum at the milk stage, which were 317.76 cm and 294.06 cm, respectively, and that the plant heights of ‘Green Hulk’ was maximum at the dough stage, which was 354.06 cm. The fresh weight per plant and plot yield of ‘Haitian 1’ and ‘Green Hulk’ increased significantly from the heading stage to the milk stage, maximum at the milk stage, and were 1996.71g and 2240.97 g at the heading stage, and 28.99 kg and 32.13 kg at the dough stage, respectively. The fresh weight per plant and plot yield of ‘M-81E’ decreased gradually from the heading stage to the dough stage, maximum at the heading stage, and were 1667.55 g and 24.11 kg, respectively. The dry weight per plant and dry matter content of ‘Haitian 1’, ‘M-81E’ and ‘Green Hulk’ were increasing from the heading stage to the dough stage. From the heading stage to the dough stage, ‘Haitian 1’ and ‘Green Hulk’ increased first and then decreased in the contents of neutral detergent fiber and acid detergent fiber while ‘M-81E’ showed a decreasing trend. All the three varieties increased in soluble sugar and crude ash contents from the heading stage to the dough stage, and tended to decrease in crude protein content from the heading stage to the dough stage. ‘Haitian 1’ and ‘M-81E’ had a maximum relative feeding value at the dough stage, which were 117.20 and 142.55, respectively, and ‘Green Hulk’ had a maximum feeding value (95.43) at the heading stage. The results showed that there is a significant difference in the effects of cutting at different growth stages on the agronomic traits and nutritional quality of sweet sorghum. Based on the agronomic traits and nutritional quality parameters of the three varieties, the optimum harvesting stage was between milky and dough stages for ‘Haitian 1’ and ‘Green Hulk’, and the optimum harvesting stage was between the heading and the milky stage for ‘M-81E’.

Keywords: sweet sorghum; growth stages; agronomic traits; nutritional quality