

doi:10.11733/j.issn.1007-0435.2016.02.027

# 不同海拔生态区甜高粱和玉米及甜高粱不同刈割次数的养分含量

李春喜<sup>1</sup>, 冯海生<sup>1</sup>, 闫慧颖<sup>1,2</sup>, 裴剑民<sup>3</sup>, 李永仁<sup>4</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所 中国科学院高原生物适应与进化重点实验室, 青海 西宁 810008; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 青海民和海顺牧业科技有限公司, 青海 民和 810800; 4. 青海春源畜牧有限公司, 青海 湟中 811603)

**摘要:**为探讨甜高粱(*sorghum bicolor* ‘Moench’)和玉米(*Zea mays* ‘Linn’)在青海不同海拔生态区及甜高粱不同刈割次数的植株养分含量,以 3 个甜高粱和 1 个玉米品种为试验材料,采用随机区组设计,分析整株养分含量。结果表明:在 3 个海拔生态区甜高粱的粗脂肪、无氮浸出物和糖含量均高于玉米,而灰分、粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和钙含量低于玉米;海拔 1850~1990 m 甜高粱粗蛋白含量高于玉米,磷含量极显著高于玉米( $P < 0.01$ )。刈割次数对甜高粱养分含量影响达极显著水平( $P < 0.01$ )。第 1 次刈割甜高粱粗蛋白、粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、灰分和钙含量最高;对照(不刈割)无氮浸出物、磷和糖含量最高。表明甜高粱是优质饲料作物,应大力推广种植。

**关键词:**甜高粱;海拔;刈割;养分

中图分类号:S548

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2016)02-0425-08

## Nutrient Content of Sweet Sorghum and Corns in Different altitude Regions and Sweet Sorghum in Different Clipping frequency

LI Chun-xi<sup>1</sup>, FENG Hai-sheng<sup>1</sup>, YAN Hui-ying<sup>1,2</sup>, PEI Jian-min<sup>3</sup>, LI Yong-ren<sup>4</sup>

(1. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai Province 810008, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. Minhe Haishun Livestock Technology Co., Ltd., Minhe, Qinghai Province 810800, China; 4. Chunyuan Animal Husbandry Co. Ltd., Huangzhong, Qinghai Province 811603, China)

**Abstract:** In order to explore plant nutrient content of sweet sorghum(*sorghum bicolor* ‘Moench’) and corn (*Zea mays* ‘Linn’) in different altitude regions and sweet sorghum in different clipping frequency, nutrient content of whole plant of three sweet sorghum and one corn varieties were analyzed. The results showed that the fat, nitrogen-free extract and sugar content of sweet sorghum were higher than corn, however, the ash content, crude fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and calcium of sweet sorghum were lower than corn at three altitudes. The crude protein and phosphorus content of sweet sorghum were higher than corn in 1850~1990 m altitudes. The nutrient content of sweet sorghum was significantly affected by clipping frequency. The content of crude protein, crude fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, ash and calcium were the highest in the first cutting. The nitrogen-free extract, phosphorus and sugar contents of sweet sorghum were the highest in control. All of these results suggested that the sweet sorghum was a high quality forage crop and it should be widely planted in pastoral areas.

**Key words:** Sweet sorghum; Altitude; Clipping; Nutrient

甜高粱(*Sorghum bicolor* ‘Moench’)作为饲料利用具有明显的优势,既可用于放牧,又可刈割做青饲、青贮和干草,是优质的饲料资源,营养丰富,茎秆本身含糖量达 18%,牛羊喜食,在当前生产中使用

的青贮玉米(*Zea mays* ‘Linn’)、大麦(*Hordeum vulgare* ‘Linn’)、苜蓿(*Medicago sativa* ‘Linn’)、燕麦(*Avena sativa* ‘Linn’)中,甜高粱独占鳌头,种植甜高粱已成为众多国家推进本国种植业发展的

收稿日期:2015-01-14;修回日期:2015-06-11

基金项目:青海省科技厅重大科技专项项目(2015-NK-A3-1-2);青海省科技厅农转项目(2012-N-504)资助

作者简介:李春喜(1959-),男,河南新乡人,副研究员,从事作物遗传育种与栽培学研究,E-mail:cxli@nwipb.cas.cn

一条重要途径<sup>[1]</sup>。近年来在美国甜高粱常被作为青贮玉米的替代品进行研究<sup>[2]</sup>,甜高粱收获面积约占高粱总面积的 70%;19 世纪末,澳大利亚从美国引进大量甜高粱品种,作为牧草、青饲料、青贮饲料和干草利用;我国上世纪 70 年代从美国引进甜高粱‘丽欧’(Rio)等品种,种植面积迅速扩大,应用多以饲料为主,又以青贮饲料为多<sup>[3]</sup>。甜高粱作为优质的饲草作物,国内已有众多学者进行了研究。宋金昌等<sup>[4]</sup>、李春喜等<sup>[5]</sup>分别用甜高粱组合饲料、青贮甜高粱组合饲喂奶牛,其产奶量比玉米组合增加 2.19~2.64 kg·d<sup>-1</sup>;李春喜等<sup>[5]</sup>用青贮甜高粱组合饲喂 2~3 龄小尾寒羊,比青贮玉米组合每只多增重 29.27 g·d<sup>-1</sup>;梁辛等<sup>[6]</sup>用青贮甜高粱饲喂青年奶水牛比饲喂青贮玉米和新鲜象草(*Pennisetum purpureum* ‘Schum’)分别增重 29.5%和 9.5%;渠晖等<sup>[7]</sup>认为甜高粱青贮发酵的干物质产量、粗蛋白质和可消化干物质产量均优于玉米,用作青贮作物栽培有较大的利用潜力。有关甜高粱种植技术及品质方面的研究也有大量报道<sup>[8-12]</sup>;董喜存等<sup>[13]</sup>、李春喜等<sup>[14]</sup>认为甜高粱在西北干旱地区种植具有较大发展空间。

青海省是我国重要的畜牧业生产基地,全国五大牧区之一,每年长达 5 个多月的冬春季枯草期,天然草场草资源匮乏,牲畜需要大量饲草料补充。近年来青海农区畜牧业发展迅速,存栏几百头(只)至上千头(只)的奶牛、育肥羊的养殖企业,均以玉米为青贮饲料,目前甜高粱作为优质饲草作物正在青海的牛羊养殖企业推广应用。由于青海的自然条件和农业自然资源具有过渡性的特点并表现出明显的垂直地域差异,地形地貌和气候等自然条件的垂直变化十分明显,随着海拔升高,气温下降明显,不同海拔生态区甜高粱收获时生育期明显不同,植株养分含量也不同;甜高粱在青海省民和县生长中期可以刈割 1 次,两茬总鲜草产量高于不刈割<sup>[12]</sup>,但对甜高粱植株养分研究尚未见报道。为此,2012 年在青海不同海拔生态区开展了甜高粱与玉米营养品质的比较,在民和县进行了甜高粱刈割植株养分含量的研究,为甜高粱的推广应用提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

湟中县田家寨镇李家台村(青海春源畜牧有限公司),海拔 2300 m,年均气温 5.4℃,年均降水量

410.0 mm,无霜期 150 d,≥0℃积温 2717℃,≥5℃积温 2151℃。前茬作物油菜(*Brassica napus* ‘Linn’),甜高粱在孕穗期到抽穗期收获,玉米为籽粒乳熟期收获。

乐都区雨润镇荒滩村(乐都区农业示范园区),海拔 1990 m,年均气温 6.5℃,年均降水量 363.3 mm,无霜期 180 d,≥0℃积温 3414℃,≥5℃积温 2973℃。前茬作物为玉米,甜高粱在抽穗期到灌浆期进行收获,玉米在籽粒成熟期收获。

民和县马场垣乡团结村(青海民和海顺牧业科技有限公司)。海拔 1850 m,年均气温 7.9℃,年均降水量 360.7 mm,无霜期 195 d,≥0℃积温 3632℃,≥10℃积温 2752℃。甜高粱、玉米均为成熟期收获。

刈割植株养分测定在民和县马场垣乡团结村(青海民和海顺牧业科技有限公司)进行。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验材料 甜高粱为‘吉甜 5 号’(吉林省农科院),‘九甜杂 3’(吉林省吉林市农科院)和‘超级放牧者’(百绿集团北京办事处)3 个品种,玉米为‘中玉 9 号’(中国种业)。

1.2.2 试验设计 试验采用随机区组设计,3 次重复;铺地膜,地膜宽 3 m,周边埋入土中,保留覆膜宽度 2.7 m,小区面积 2.7 m×8 m=21.6 m<sup>2</sup>,每小区种 6 行,行距 40 cm,株距 20 cm;底肥施磷酸二胺 225 kg·hm<sup>-2</sup>,尿素 225 kg·hm<sup>-2</sup>;拔节期浇 2 水前追施尿素 225 kg·hm<sup>-2</sup>,浇 3 水前追施尿素 75 kg·hm<sup>-2</sup>,各试验区管理方式保持一致。

1.2.3 取样 不同海拔生态区植株养分分析样 10 月初收获时取样。刈割植株养分分析样,在甜高粱生长中期株高 1.7~2.4 m(品种不同)第 1 次刈割时(7 月 19 日)取样,第 2 次刈割和不进行刈割的在 10 月 4 日取样。

每小区随机取整株 3 株,用刀切至 2~4 cm 长,置实验室晾至茎秆可折断,用小型粉碎机粉碎后,装入自封袋,送中国科学院西北高原生物研究所分析测试中心进行养分含量测试,重复 3 次。

### 1.3 测试项目

水分、灰分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、无氮浸出物、钙、磷、糖。灰分采用灼烧法,粗蛋白采用凯氏法,粗脂肪采用索氏法,粗纤维采用过滤法,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤

维采用范氏法,钙采用原子吸收光谱法,磷采用分光光度法,糖采用苯酚-硫酸法。

### 1.4 数据分析

试验数据均用 SPSS 16.0 软件进行统计分析和多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同海拔对植株养分含量的影响

**2.1.1 对粗蛋白、粗脂肪和无氮浸出物的影响** 由表 1 可知,不同海拔间甜高粱粗蛋白、粗脂肪和无氮浸出物含量差异极显著( $P < 0.01$ )。不同品种甜高粱粗蛋白含量不同,差异达极显著水平( $P < 0.01$ ),‘吉甜 5 号’在海拔 1850 m 含量最高为 7.58%,‘九甜杂三’和‘超级放牧者’在海拔 1990 m 含量最高,分别为 7.25%和 8.55%;从 3 个甜高粱品种的粗蛋白平均值看,表现为海拔 1990 m 含量最高,平均值为 7.56%,其次为海拔 1850 m,平均值为 7.23%,海拔 2300 m 最低,平均值为 6.47%。不同海拔间

玉米粗蛋白含量差异极显著( $P < 0.01$ ),表现为海拔 2300 m 最高,达 10.33%,极显著高于海拔 1990 m 与海拔 1850 m;海拔 2300 m 玉米粗蛋白含量高于甜高粱,海拔 1990 和 1850 m 甜高粱粗蛋白含量高于玉米,这与不同海拔收获时生育期不同有关。

不同品种甜高粱间粗脂肪含量存在极显著差异( $P < 0.01$ );‘吉甜 5 号’粗脂肪含量随海拔升高而降低,从海拔 2300 m 的 1.79%降到海拔 1850 m 的 0.85%,而‘九甜杂三’和‘超级放牧者’粗脂肪含量随海拔升高而升高,分别从 1.38%和 1.44%增加到 1.89%和 1.78%;玉米粗脂肪含量随海拔升高极显著降低,从 1.31%降为 0.44%。整体表现为甜高粱粗脂肪含量高于玉米。

甜高粱和玉米无氮浸出物含量均表现为海拔 2300 m 和 1990 m 含量极显著高于海拔 1850 m,其中甜高粱无氮浸出物含量从 64.20%~70.90%降到 52.33%~56.63%,且品种间差异极显著( $P < 0.01$ );玉米无氮浸出物含量从 58.64%~60.05%降为 40.63%。整体表现为甜高粱的无氮浸出物含量比玉米高 6.91%~39.72%,海拔间差异极显著( $P < 0.01$ )。

表 1 不同海拔生态区植株粗蛋白、粗脂肪和无氮浸出物含量

Table 1 Content of protein, fat and nitrogen free extract (NFE) of plant at different altitudes

试验点 Sites	品种 Variety	粗蛋白 Protein/%	粗脂肪 Fat/%	无氮浸出物 Nitrogen free extract(NFE)/%
湟中 huangzhong	‘吉甜 5 号’Jitian No. 5	7.22±0.21 <sup>b</sup>	1.79±0.17 <sup>a</sup>	70.04±1.22 <sup>b</sup>
	‘九甜杂三’Jiutianzasan	5.99±0.04 <sup>c</sup>	1.38±0.06 <sup>b</sup>	70.05±0.98 <sup>a</sup>
	‘超级放牧者’Super herder	6.20±0.16 <sup>c</sup>	1.44±0.24 <sup>b</sup>	68.77±0.42 <sup>b</sup>
	‘中玉 9 号’Chinese corn No. 9	10.33±0.37 <sup>a</sup>	1.31±0.12 <sup>bc</sup>	58.64±0.40 <sup>c</sup>
	品种间 Variety F	35.07 <sup>**</sup>	7.42 <sup>*</sup>	18.96 <sup>**</sup>
乐都 Ledu	‘吉甜 5 号’Jitian No. 5	6.87±0.36 <sup>c</sup>	1.01±0.03 <sup>d</sup>	70.03±0.68 <sup>a</sup>
	‘九甜杂三’Jiutianzasan	7.25±0.31 <sup>b</sup>	1.83±0.35 <sup>a</sup>	70.90±1.03 <sup>a</sup>
	‘超级放牧者’Super herder	8.55±0.24 <sup>a</sup>	1.69±0.07 <sup>b</sup>	64.20±0.94 <sup>b</sup>
	‘中玉 9 号’Chinese corn No. 9	3.35±0.13 <sup>d</sup>	1.28±0.28 <sup>c</sup>	60.05±0.87 <sup>c</sup>
	品种间 Variety F	39.57 <sup>**</sup>	13.87 <sup>**</sup>	26.06 <sup>**</sup>
民和 Minhe	‘吉甜 5 号’Jitian No. 5	7.58±0.53 <sup>a</sup>	0.85±0.23 <sup>a</sup>	52.33±0.74 <sup>b</sup>
	‘九甜杂三’Jiutianzasan	6.94±0.14 <sup>ab</sup>	1.89±0.04 <sup>a</sup>	56.77±0.69 <sup>a</sup>
	‘超级放牧者’Super herder	7.16±0.62 <sup>a</sup>	1.78±0.07 <sup>ab</sup>	55.63±1.13 <sup>a</sup>
	‘中玉 9 号’Chinese corn No. 9	5.96±0.37 <sup>c</sup>	0.44±0.03 <sup>c</sup>	40.63±0.70 <sup>c</sup>
	品种间 Variety F	52.23 <sup>**</sup>	86.64 <sup>**</sup>	39.18 <sup>**</sup>
	海拔间 Altitude F	16.71 <sup>**</sup>	12.02 <sup>**</sup>	146.19 <sup>**</sup>
	不同海拔品种间 Variety F	7.91 <sup>**</sup>	57.74 <sup>**</sup>	46.87 <sup>**</sup>

注:表中同列不同字母表示同一试验点不同品种间差异显著( $P < 0.05$ ),下同

Note: Different lowercase letters in each column show significant difference for different varieties in the same site at the 0.05 level. The same as below

**2.1.2 对粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量的影响** 由表 2 可知,不同海拔间甜高粱和玉米粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量差异达极显著水平( $P < 0.01$ )。甜高粱和玉米粗纤维含量

均表现为随海拔降低,生育期延长粗纤维含量增加;甜高粱粗纤维含量在海拔 2300 m 和 1990 m 差异不显著,极显著低于海拔 1850 m( $P < 0.01$ ),从 20.68%~29.85%降低到 6.11%~10.86%(品种

不同);玉米从 36.07%降低到 14.82%,且 3 个海拔区甜高粱粗纤维含量均低于玉米。在海拔 2300 m 比玉米低 36.64%~58.77%,在海拔 1990 m 比玉米低 44.28%~65.73%,在海拔 1850 m 比玉米低 17.31%~42.71%。

甜高粱中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量均表现为海拔 1990 m 含量最高,分别达 62.06%~66.12%和 32.51%~35.26%,品种间差异不显著,其次为海拔 1850 m,最低为海拔 2300 m,

分别为 54.22%~61.74%,且品种间差异显著 ( $P<0.05$ );在 3 个海拔区玉米中性洗涤纤维含量差异不显著,为 65.68%~67.86%,而酸性洗涤纤维含量差异显著 ( $P<0.05$ ),海拔 1990 m 含量最高达 40.36%,海拔 2300 m 为 38.77%,海拔 1850 m 最低为 36.28%。甜高粱中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量比玉米低 1.58%~19.85%和 9.15%~23.03%,不同海拔间存在极显著差异 ( $P<0.01$ )。

表 2 不同海拔区粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量

Table 2 Content of fiber, neutral detergent fiber(NDF)and acid detergent fiber(ADF)at different altitudes

试验点 Sites	品种 Variety	粗纤维 Fiber/%	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber(NDF)/%	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber(ADF)/%
湟中 huangzhong	‘吉甜 5 号’Jitian No. 5	6.99±0.82 <sup>c</sup>	61.74±0.84 <sup>b</sup>	33.03±0.37 <sup>b</sup>
	‘九甜杂三’Jiutianzasan	6.11±0.61 <sup>c</sup>	54.22±1.47 <sup>c</sup>	29.84±0.91 <sup>c</sup>
	‘超级放牧者’Super herder	9.39±0.53 <sup>b</sup>	58.34±2.04 <sup>bc</sup>	31.45±1.02 <sup>bc</sup>
	‘中玉 9 号’Chinese corn No. 9	14.82±1.07 <sup>a</sup>	67.65±1.65 <sup>a</sup>	38.77±0.94 <sup>a</sup>
	品种间 Variety F	32.63 <sup>**</sup>	24.17 <sup>**</sup>	19.47 <sup>**</sup>
乐都 Ledu	‘吉甜 5 号’Jitian No. 5	6.89±0.35 <sup>c</sup>	66.12±1.32	35.26±0.62 <sup>b</sup>
	‘九甜杂三’Jiutianzasan	6.67±0.48 <sup>c</sup>	64.64±0.65	34.63±1.26 <sup>b</sup>
	‘超级放牧者’Super herder	10.86±0.27 <sup>b</sup>	62.06±0.92	32.51±0.65 <sup>c</sup>
	‘中玉 9 号’Chinese corn No. 9	19.49±0.72 <sup>a</sup>	65.68±0.83	40.36±0.75 <sup>a</sup>
	品种间 Variety F	40.15 <sup>**</sup>	3.37	10.38 <sup>*</sup>
民和 Minhe	‘吉甜 5 号’Jitian No. 5	29.85±0.54 <sup>b</sup>	64.84±0.81 <sup>b</sup>	32.96±1.17 <sup>b</sup>
	‘九甜杂三’Jiutianzasan	20.68±0.66 <sup>d</sup>	57.37±0.52 <sup>c</sup>	29.63±0.86 <sup>bc</sup>
	‘超级放牧者’Super herder	26.74±1.24 <sup>c</sup>	62.76±0.38 <sup>b</sup>	32.09±0.27 <sup>b</sup>
	‘中玉 9 号’Chinese corn No. 9	36.10±0.83 <sup>a</sup>	67.85±1.06 <sup>a</sup>	36.28±0.94 <sup>a</sup>
	品种间 Variety F	38.07 <sup>**</sup>	8.38 <sup>*</sup>	9.52 <sup>*</sup>
	海拔间 Altitude F	660.71 <sup>**</sup>	28.64 <sup>**</sup>	19.80 <sup>**</sup>
	不同海拔品种间 Variety F	121.29 <sup>**</sup>	12.75 <sup>**</sup>	61.86 <sup>**</sup>

2.1.3 对灰分、钙、磷和糖含量的影响 由表 3 可知,不同海拔间甜高粱和玉米灰分、钙、磷和糖含量差异达极显著水平 ( $P<0.01$ )。甜高粱灰分含量表现为随海拔降低而升高,海拔 2300 m ‘吉甜 5 号’、‘九甜杂三’和‘超级放牧者’灰分含量最高,分别为 8.18%,7.41%和 7.40%,到海拔 1990 m 分别降为 6.63%,7.36%和 7.31%,到海拔 1850 m 分别降为 4.36%,4.95%和 6.13%;且品种间差异极显著 ( $P<0.01$ )。不同海拔间玉米灰分含量差异不显著 ( $P>0.05$ ),灰分含量为 9.74%~9.91%。甜高粱与玉米间存在极显著差异 ( $P<0.01$ ),整体表现为甜高粱灰分含量低于玉米,且表现出随海拔降低甜高粱灰分含量降低的幅度增大,海拔 2300 m 甜高粱灰分含量平均值比玉米低 21.32%,海拔 1999 m 平均值低 28.35%,到海拔 1850 m 平均值低 47.43%。

甜高粱和玉米钙含量均表现为随海拔降低极显著增加 ( $P<0.01$ ),甜高粱从海拔 2300 m 的 0.11%~0.19%增加到海拔 1850 m 的 0.30%~0.37%,且品种

间存在极显著差异 ( $P<0.01$ );玉米的钙含量从 0.44%增加到 0.59%。整体表现为玉米的钙含量高于甜高粱 51.61%~400%,且海拔间差异显著 ( $P<0.05$ )。

不同品种间甜高粱磷含量不同,差异达极显著水平 ( $P<0.01$ ),‘吉甜 5 号’表现出随海拔降低而降低,从 2300 m 的 0.24%到海拔 1850 m 降为 0.18%;而‘九甜杂三’和‘超级放牧者’表现出海拔 1990 m 最高,分别为 0.29%和 0.22%,其次为海拔 1850 m,最低为海拔 2300 m,分别降为 0.13%和 0.16%;玉米磷含量表现为随海拔降低而降低 ( $P<0.01$ ),从海拔 2300 m 的 0.16%到海拔 1850 m 降为 0.06%~0.08%。甜高粱磷含量在海拔 1850~1990 m 极显著高于玉米。

甜高粱和玉米糖含量均表现为随海拔降低而降低 ( $P<0.01$ ),甜高粱从海拔 2300 m 的 29.72%~35.84%降到海拔 1850 m 的 14.59%~18.21%,且品种间存在极显著差异 ( $P<0.01$ );玉米从海拔 2300 m 的 7.38%降为海拔 1850 m 的 4.26%。整

体表现为甜高粱糖含量比玉米高 3.61~6.99 倍,差异达极显著水平( $P<0.01$ )。

表3 不同海拔生态区植株灰分、钙、磷和糖含量

Table 3 Content of ash, calcium, phosphorus and sugar at different altitudes

试验点 Sites	品种 Variety	灰分 Ash/%	钙 Calcium(Ca)/%	磷 Phosphorus(P)/%	糖 Sugar/%
湟中 huangzhong	‘吉甜5号’Jitian No. 5	8.18±0.23 <sup>bc</sup>	0.11±0.02 <sup>c</sup>	0.24±0.01 <sup>a</sup>	31.34±0.72 <sup>b</sup>
	‘九甜杂三’Jiutianzasan	7.41±0.42 <sup>c</sup>	0.12±0.01 <sup>c</sup>	0.13±0.01 <sup>c</sup>	35.84±0.61 <sup>a</sup>
	‘超级放牧者’Super herder	7.40±0.48 <sup>c</sup>	0.19±0.04 <sup>b</sup>	0.16±0.00 <sup>b</sup>	29.72±0.27 <sup>b</sup>
	‘中玉9号’Chinese corn No. 9	9.74±0.53 <sup>a</sup>	0.44±0.03 <sup>a</sup>	0.16±0.02 <sup>b</sup>	7.38±0.34 <sup>c</sup>
	品种间 Variety F	25.72 <sup>**</sup>	91.55 <sup>**</sup>	47.03 <sup>**</sup>	86.84 <sup>**</sup>
乐都 Ledu	‘吉甜5号’Jitian No. 5	6.63±0.46 <sup>bc</sup>	0.20±0.02 <sup>c</sup>	0.22±0.00 <sup>b</sup>	27.10±0.28 <sup>a</sup>
	‘九甜杂三’Jiutianzasan	7.36±0.31 <sup>b</sup>	0.21±0.01 <sup>c</sup>	0.29±0.01 <sup>a</sup>	29.77±0.34 <sup>a</sup>
	‘超级放牧者’Super herder	7.31±0.14 <sup>b</sup>	0.31±0.00 <sup>b</sup>	0.22±0.00 <sup>b</sup>	15.37±0.26 <sup>b</sup>
	‘中玉9号’Chinese corn No. 9	9.91±0.37 <sup>a</sup>	0.47±0.02 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>c</sup>	4.26±0.31 <sup>c</sup>
	品种间 Variety F	16.36 <sup>**</sup>	63.07 <sup>**</sup>	57.75 <sup>**</sup>	124.27 <sup>**</sup>
民和 Minhe	‘吉甜5号’Jitian No. 5	4.36±0.15 <sup>c</sup>	0.30±0.01 <sup>c</sup>	0.18±0.00 <sup>a</sup>	18.21±0.61 <sup>a</sup>
	‘九甜杂三’Jiutianzasan	4.95±0.48 <sup>c</sup>	0.33±0.00 <sup>c</sup>	0.19±0.01 <sup>a</sup>	14.59±0.42 <sup>b</sup>
	‘超级放牧者’Super herder	6.13±0.36 <sup>b</sup>	0.37±0.01 <sup>b</sup>	0.18±0.01 <sup>a</sup>	17.16±0.37 <sup>a</sup>
	‘中玉9号’Chinese corn No. 9	9.79±0.22 <sup>a</sup>	0.59±0.02 <sup>a</sup>	0.08±0.02 <sup>b</sup>	2.68±0.22 <sup>c</sup>
	品种间 Variety F	29.27 <sup>**</sup>	38.14 <sup>**</sup>	36.91 <sup>**</sup>	72.18 <sup>**</sup>
	海拔间 Altitude F	64.44 <sup>**</sup>	187.59	91.88 <sup>**</sup>	772.86 <sup>**</sup>
	不同海拔品种间 Variety F	107.27 <sup>**</sup>	301.26 <sup>**</sup>	425.39 <sup>**</sup>	963.32 <sup>**</sup>

## 2.2 甜高粱不同刈割次数对植株营养含量的影响

### 2.2.1 对粗蛋白、粗脂肪和无氮浸出物的影响

由表4可知,不同刈割次数间3个甜高粱品种粗蛋白含量、粗脂肪和无氮浸出物含量差异达极显著水平( $P<0.01$ )。3个甜高粱品种粗蛋白含量表现一致,均为第1次刈割时含量最高,分别为7.19%,8.94%和6.98%,第2次刈割略微降低,但差异不显著,不进行刈割最低,分别为4.58%,6.94%和5.35%。且品种间粗蛋白含量存在极显著差异( $P<0.01$ ),不进行刈割的‘九甜杂三’含量最高为6.94%,其次为‘超级放牧者’,‘吉甜5号’最低为4.58%;同一品种第1次刈割和第2次刈割粗蛋白含量差异不显著,最高均为‘九甜杂三’达8.94%和6.98%,其次为‘吉甜5号’,最低为‘超级放牧者’分别为6.98%和6.49%。

3个甜高粱品种粗脂肪含量表现不同,‘吉甜5号’和‘超级放牧者’第2次刈割含量最高,分别为0.76%和0.69%,其次为第1次刈割,不进行刈割最低分别为0.45%和0.49%;‘九甜杂三’表现为第1次刈割含量最高达0.88%,不进行刈割最低为0.59%;3个品种表现相同的是没有刈割的粗脂肪含量最低。

3个甜高粱品种无氮浸出物含量表现相同,均为不进行刈割含量最高,分别为‘吉甜5号’54.91%,‘九甜杂三’56.77%,‘超级放牧者’51.56%,其次为第2次刈割,分别为45.42%,46.

54%和41.50%,第1次刈割最低分别为36.43%,39.52%和35.27%。不进行刈割的品种间含量差异极显著( $P<0.01$ ),第2次刈割的含量差异显著( $P<0.05$ ),第1次刈割的含量差异不显著。

### 2.2.2 对粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量的影响

由表5可知,不同刈割次数间3个甜高粱品种粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量差异达极显著水平( $P<0.01$ )。3个甜高粱品种粗纤维含量表现一致,均为第1次刈割时含量最高,分别为‘吉甜5号’39.13%,‘九甜杂三’35.07%,‘超级放牧者’41.46%,其次为第2次刈割分别为33.33%,30.64%和37.63%,不进行刈割最低分别为27.29%,20.68%和28.53%。第1次刈割和第2次刈割品种间差异不显著,不进行刈割的品种间差异显著( $P<0.05$ ),‘吉甜5号’和‘超级放牧者’较高,分别为27.29%和28.53%,‘九甜杂三’较低为20.68%。

3个甜高粱品种中性洗涤纤维含量表现一致,均为第1次刈割时含量最高,分别‘吉甜5号’64.84%,‘九甜杂三’62.59%,‘超级放牧者’66.72%,其次为第2次刈割,分别为61.24%,58.38%和61.38%,不进行刈割最低分别为57.58%,54.74%和54.04%。且品种间差异不显著。

3个甜高粱品种酸性洗涤纤维含量表现一致,均为第1次刈割时含量最高,分别‘吉甜5号’36.17%,‘九甜杂三’34.59%,‘超级放牧者’

35.74%，其次为第2次刈割，分别为32.43%，30.73%和31.46%，不进行刈割最低分别为29.63%，28.76%和29.49%。且不进行刈割和第1

次刈割品种间差异不显著，第2次刈割品种间差异显著( $P < 0.05$ )，‘吉甜5号’最高为32.43%，其次为‘超级放牧者’，‘九甜杂三’最低为30.73%。

表4 不同刈割次数甜高粱植株粗蛋白、粗脂肪和无氮浸出物的含量

Table 4 Content of protein, fat and NFE of sweet sorghum in different clipping frequency

品种 Varieties	刈割次数 Clipping frequency	粗蛋白 Protein/%	粗脂肪 Fat/%	无氮浸出物 NFE/%
‘吉甜5号’ Jtian No,5	不进行刈割 None cutting	4.58±0.13 <sup>b</sup>	0.45±0.04 <sup>b</sup>	54.91±0.42 <sup>a</sup>
	第1次刈割 First cutting	7.19±0.06 <sup>a</sup>	0.58±0.13 <sup>b</sup>	36.43±0.83 <sup>c</sup>
	第2次刈割 Second cutting	7.06±0.15 <sup>a</sup>	0.76±0.27 <sup>a</sup>	45.42±0.37 <sup>b</sup>
	F 检验	35.04 <sup>**</sup>	72.97 <sup>**</sup>	78.03 <sup>**</sup>
‘九甜杂三’ Jiutianzasan	不进行刈割 None cutting	6.94±0.37 <sup>b</sup>	0.59±0.24 <sup>bc</sup>	56.77±0.65 <sup>a</sup>
	第1次刈割 First cutting	8.94±0.33 <sup>a</sup>	0.88±0.31 <sup>a</sup>	39.52±0.96 <sup>c</sup>
	第2次刈割 Second cutting	8.13±0.21 <sup>a</sup>	0.66±0.26 <sup>b</sup>	46.54±0.47 <sup>b</sup>
	F 检验	8.73 <sup>*</sup>	61.73 <sup>**</sup>	27.38 <sup>**</sup>
‘超级放牧者’ Super herder	不进行刈割 None cutting	5.35±0.42 <sup>b</sup>	0.49±0.07 <sup>c</sup>	51.56±0.52 <sup>a</sup>
	第1次刈割 First cutting	6.98±0.14 <sup>a</sup>	0.58±0.06 <sup>b</sup>	35.27±0.81 <sup>c</sup>
	第2次刈割 Second cutting	6.49±0.53 <sup>a</sup>	0.69±0.0.3 <sup>a</sup>	41.50±0.78 <sup>b</sup>
	F 检验	9.35 <sup>*</sup>	23.47 <sup>**</sup>	66.25 <sup>**</sup>
品种间 Variety F	不进行刈割 None cutting	93.37 <sup>**</sup>	4.68	45.87 <sup>**</sup>
	第1次刈割 First cutting	57.69 <sup>**</sup>	24.33 <sup>**</sup>	3.91
	第2次刈割 Second cutting	59.60 <sup>**</sup>	4.83	8.18 <sup>*</sup>
不同刈割次数品种间 3 varieties F		22.79 <sup>**</sup>	2.81	235.89 <sup>*</sup>

表5 不同刈割次数甜高粱植株粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量

Table 5 Content of fiber, NDF and ADF of sweet sorghum in different clipping frequency

品种 Varieties	刈割次数 Clipping frequency	粗纤维 Fiber/%	中性洗涤纤维 NDF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%
‘吉甜5号’ Jtian No,5	不进行刈割 None cutting	27.29±0.64 <sup>c</sup>	57.58±0.58 <sup>c</sup>	29.63±0.63 <sup>c</sup>
	第1次刈割 First cutting	39.13±0.75 <sup>a</sup>	64.84±0.38 <sup>a</sup>	35.17±0.57 <sup>a</sup>
	第2次刈割 Second cutting	33.33±0.48 <sup>b</sup>	61.24±1.13 <sup>b</sup>	32.43±0.72 <sup>b</sup>
	F 检验	47.37 <sup>**</sup>	37.82 <sup>**</sup>	47.14 <sup>**</sup>
‘九甜杂三’ Jiutianzasan	不进行刈割 None cutting	20.68±1.03 <sup>c</sup>	54.74±0.72 <sup>c</sup>	28.76±0.84 <sup>bc</sup>
	第1次刈割 First cutting	35.07±0.72 <sup>a</sup>	62.59±0.69 <sup>a</sup>	34.59±1.34 <sup>a</sup>
	第2次刈割 Second cutting	30.64±0.83 <sup>b</sup>	58.38±0.58 <sup>b</sup>	30.73±0.72 <sup>b</sup>
	F 检验	52.87 <sup>**</sup>	38.95 <sup>**</sup>	29.81 <sup>**</sup>
‘超级放牧者’ Super herder	不进行刈割 None cutting	28.53±0.45 <sup>c</sup>	54.04±0.72 <sup>c</sup>	29.49±0.48 <sup>bc</sup>
	第1次刈割 First cutting	41.46±0.86 <sup>a</sup>	66.72±0.37 <sup>a</sup>	35.74±0.47 <sup>a</sup>
	第2次刈割 Second cutting	37.63±0.74 <sup>b</sup>	61.38±0.94 <sup>b</sup>	31.46±0.39 <sup>b</sup>
	F 检验	31.71 <sup>**</sup>	58.04 <sup>**</sup>	43.57 <sup>**</sup>
品种间 Variety F	不进行刈割 None cutting	16.02 <sup>*</sup>	3.07	2.61
	第1次刈割 First cutting	5.11	1.32	1.94
	第2次刈割 Second cutting	6.32	4.86	16.07 <sup>*</sup>
不同刈割次数品种间 3 Varieties F		91.02 <sup>**</sup>	27.29 <sup>**</sup>	159.61 <sup>**</sup>

2.2.3 对灰分、钙、磷和糖含量的影响 由表6可知,不同刈割次数间3个甜高粱品种灰分、钙、磷和糖含量差异达极显著水平( $P < 0.01$ )。3个甜高粱品种灰分含量表现一致,均为第1次刈割含量最高,分别达9.32%,9.60%和9.72%,其次为第2次刈割,分别为5.35%,7.16%和8.09%,不进行刈割最低,分别为4.36%,4.95%和6.28%。不进行刈割品种间灰分含量差异极显著( $P < 0.01$ ),‘超级放牧者’含量最高为6.28%,其次为‘吉甜5号’和‘九甜

杂三’,且这2个品种间无显著差异;第1次刈割品种间灰分含量差异不显著;第2次刈割品种间灰分含量差异达极显著水平( $P < 0.01$ ),‘超级放牧者’含量最高为8.09%,其次‘九甜杂三’为7.16%,最低为‘吉甜5号’最低为5.35%。

3个甜高粱品种钙含量表现一致,为第1次刈割含量最高,分别为0.23%,0.28%和0.31%;第2次刈割和不进行刈割钙含量因品种不同而不同,‘吉甜5号’不进行刈割含量居第2位,第2次刈割含量最

低为 0.16%;‘九甜杂三’和‘超级放牧者’均为第 2 次刈割钙的含量居第 2 位,不进行刈割的最低,分别为 0.13%和 0.14%。且品种间差异极显著( $P<0.01$ )。

3 个甜高粱品种磷含量表现一致,为没有刈割的含量最低,分别为 0.12%,0.19%和 0.12%;第 1 次刈割和第 2 次刈割磷含量因品种不同而不同,‘吉甜 5 号’第 1 次刈割含量最高,达 0.36%,其次为第 2 次刈割的 0.21%;‘九甜杂三’第 1 次刈割和第 2 次

刈割含量最高,分别为 0.24%和 0.25%,且差异不显著;‘超级放牧者’为第 2 次刈割含量最高,达 0.35%,其次为第 1 次刈割的 0.29%。

3 个甜高粱品种糖含量表现一致,均为没有刈割含量最高,分别为 28.65%,14.59%和 18.39%;其次为第 2 次刈割,第 1 次刈割含量最低,分别为 7.20%,7.49%和 5.26%。不进行刈割的品种间糖含量差异极显著( $P<0.01$ )。

表 6 甜高粱不同刈割次数植株灰分、钙、磷和糖含量

Table 6 Content of ash, calcium, phosphorus and sugar sweet sorghum in different clipping frequency

品种	刈割次数	灰分	钙	磷	糖
Variety	Clipping frequency	Ash/%	Ca/%	P/%	Sugar/%
‘吉甜 5 号’ Jitian No.5	不进行刈割 None cutting	4.36±0.37 <sup>b</sup>	0.19±0.00 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>c</sup>	28.65±0.58 <sup>a</sup>
	第 1 次刈割 First cutting	9.32±0.62 <sup>a</sup>	0.23±0.01 <sup>a</sup>	0.36±0.01 <sup>a</sup>	7.20±0.34 <sup>c</sup>
	第 2 次刈割 Second cutting	5.35±0.32 <sup>b</sup>	0.16±0.01 <sup>c</sup>	0.21±0.02 <sup>b</sup>	10.24±0.27 <sup>b</sup>
	F 检验	19.62 <sup>**</sup>	50.36 <sup>**</sup>	27.31 <sup>**</sup>	33.58 <sup>**</sup>
‘九甜杂三’ Jiutianzasan	不进行刈割 None cutting	4.95±0.15 <sup>c</sup>	0.13±0.02 <sup>c</sup>	0.19±0.01 <sup>b</sup>	14.59±0.25 <sup>a</sup>
	第 1 次刈割 First cutting	9.60±0.42 <sup>a</sup>	0.28±0.01 <sup>a</sup>	0.25±0.00 <sup>a</sup>	7.49±0.34 <sup>b</sup>
	第 2 次刈割 Second cutting	7.16±0.28 <sup>b</sup>	0.24±0.00 <sup>b</sup>	0.24±0.00 <sup>a</sup>	8.99±0.31 <sup>b</sup>
	F 检验	44.07 <sup>**</sup>	88.35 <sup>**</sup>	41.04 <sup>**</sup>	17.39 <sup>**</sup>
‘超级放牧者’ Super herder	不进行刈割 None cutting	6.28±0.24 <sup>c</sup>	0.14±0.01 <sup>c</sup>	0.12±0.00 <sup>c</sup>	18.39±0.36 <sup>a</sup>
	第 1 次刈割 First cutting	9.72±0.38 <sup>a</sup>	0.31±0.00 <sup>a</sup>	0.29±0.01 <sup>b</sup>	5.26±0.46 <sup>c</sup>
	第 2 次刈割 Second cutting	8.09±0.17 <sup>b</sup>	0.17±0.01 <sup>b</sup>	0.35±0.01 <sup>a</sup>	8.71±0.24 <sup>b</sup>
	F 检验	42.74 <sup>**</sup>	27.06 <sup>**</sup>	59.47 <sup>**</sup>	62.04 <sup>**</sup>
品种间 Variety F	不进行刈割 None cutting	51.18 <sup>**</sup>	20.14 <sup>**</sup>	67.59 <sup>**</sup>	47.45 <sup>**</sup>
	第 1 次刈割 First cutting	3.97	74.83 <sup>**</sup>	41.31 <sup>**</sup>	21.78 <sup>**</sup>
	第 2 次刈割 Second cutting	53.34 <sup>**</sup>	21.41 <sup>**</sup>	240.57 <sup>**</sup>	6.91 <sup>*</sup>
不同刈割次数品种间 3 varieties F		35.47	32.74 <sup>**</sup>	13.72 <sup>*</sup>	10.22 <sup>*</sup>

### 3 讨论与结论

植物不同生长阶段植株养分含量不同。青海不同海拔生态区气候条件差异大,因而甜高粱、玉米收获时生育期也不同。民和点(1850 m)甜高粱、玉米是成熟期收获,生长期长;乐都点(1999 m)甜高粱是开花—灌浆期收获,玉米是成熟期收获;湟中点(海拔 2300 m)甜高粱在孕穗—抽穗期收获,玉米在籽粒乳熟期收获,因而在这 3 点生长的植株养分含量不同。不同海拔生态区的气候条件是影响甜高粱、玉米生长、植株养分含量差异较大的主要因素。

不同海拔生态区甜高粱和玉米养分含量表现一致的是,甜高粱粗脂肪、无氮浸出物和糖含量高于玉米,甜高粱的灰分、粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和钙含量均低于玉米;海拔 1850~1990 m 甜高粱粗蛋白含量高于玉米,磷含量极显著高于玉米。

不同刈割次数对甜高粱养分含量影响极显著。郑庆福等<sup>[8]</sup>研究表明刈割会增加粗蛋白、粗纤维、灰分含量,降低无氮浸出物和糖含量。本研究发现粗

蛋白、粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、灰分和钙含量均在第 1 次刈割最高,其次为第 2 次刈割,不进行刈割最低;无氮浸出物和糖含量均表现为不进行刈割最高,其次为第 2 次刈割,第 1 次刈割最低,与郑庆福等<sup>[8]</sup>的研究结果相同。

粗脂肪含量高,适口性好,营养价值高,能满足高寒牧区家畜对营养的需要<sup>[15]</sup>,糖可为乳酸菌的活动提供充足的底物,迅速降低 pH 值,抑制其他杂菌的活动,从而保证甜高粱在青贮发酵过程中蛋白质不会损失太多,获得较好的发酵品质<sup>[7]</sup>。粗蛋白质含量越高则营品质越好<sup>[16]</sup>。磷含量丰富,有利于家畜健康<sup>[15]</sup>。灰分含量越低,饲草品质越好<sup>[16]</sup>。牧草纤维素含量越高,营养价值越低,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量高低直接影响饲草品质及消化率,如果中性洗涤纤维增加,采食量则随之减少,如果酸性洗涤纤维含量高,则消化率降低<sup>[16]</sup>。钙在植物生长发育和抗病抗逆中起着重要作用。

综合评价,甜高粱具有营养丰富,易消化,适口性好,尤其是糖含量高的特点,是其他饲草作物无法

相比的,饲喂奶牛可增加产奶量,饲喂羊可增加体重,其青贮饲料优于玉米,是优质饲料作物,应大力推广种植。

### 参考文献

- [1] 石龙阁. 我国甜高粱产业发展前景分析[J]. 杂粮作为, 2007, 27(3):242-243
- [2] Keterings Q M, Godwin G, Chemey J. Potassium management for brown milrb sorghum Sudangrass as replacement for corn silage in the north-eastern USA[J]. Agronomy& Crop Science, 2005, 191: 41-46
- [3] 朱翠云. 甜高粱—大有发展前途的作物[J]. 国外农学: 杂粮作物, 1999, 19(2): 29-32
- [4] 宋金昌, 范莉, 牛一兵, 等. 不同甜高粱品种生产与奶牛饲喂特性比较[J]. 草业科学, 2009, 26(4): 74-78
- [5] 李春喜, 冯海生, 李永仁, 等. 青贮甜高粱与青贮玉米饲喂奶牛、羊及奶品质的比较研究[J]. 青海农林科技, 2014(2): 8-11
- [6] 梁辛, 邹彩霞, 韦升菊, 等. 饲用甜高粱饲喂青年奶牛增质量的试验[J]. 饲料研究, 2011(11): 61-62
- [7] 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
- [8] 郑庆福, 杨恒山, 赵兰坡. 刈割次数对杂交甜高粱草产量及品质的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(2): 76-79
- [9] 郭艳萍, 玉柱, 顾雪莹, 等. 不同添加剂对高粱青贮质量的影响[J]. 草地学报, 2010, 18(6): 875-879
- [10] 冯海生, 李春喜, 白生贵, 等. 8个甜高粱品种在西宁地区的比较试验[J]. 草业科学, 2012, 29(1): 97-100
- [11] 钱续, 尹作乾, 金海林, 等. 日本饲用高粱夏播试验及营养价值分析[J]. 草业科学, 2012, 29(2): 327-330
- [12] 李春喜, 冯海生, 赵延贵, 等. 甜高粱栽培技术研究[J]. 草地学报, 2013, 21(1): 114-122
- [13] 董喜存, 李文建. 对甘肃省甜高粱产业化发展的思考与探讨[J]. 甘肃科技, 2008(22): 4-6
- [14] 李春喜, 冯海生. 甜高粱在青海高原不同海拔生态区的适应性研究[J]. 草业学报, 2013, 22(3): 51-59
- [15] Huuskonen A. The effect of cereal type (barley versus oats) and rapeseed meal supplementation on the performance of growing and finishing dairy bulls offered grass silage based diets[J]. Livestock Science, 2009(122): 53-62
- [16] 韩建国, 马春晖, 毛培胜, 等. 播种比例和施氮肥及刈割期对燕麦与豌豆混播草地产草量和质量的影响[J]. 草地学报, 1999, 7(2): 87-93

(责任编辑 位晓婷)