

# 甜高粱在青海高原种植的初步研究

李春喜<sup>1</sup>, 董喜存<sup>2</sup>, 李文建<sup>2</sup>, 张怀刚<sup>1</sup>, 陈志国<sup>1</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 810001;

2. 中国科学院近代物理研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:**为探讨甜高粱(*Sorghum bicolor*)在青海作为饲料作物种植的可能性,在青海高原上做了初步试验,结果显示:密度对茎秆高度、茎粗、产量有显著影响,对生育期、单株质量影响不显著,株行距为 0.40 m × 0.20 m 时,产量最高;浇水次数对甜高粱的生育期、茎秆高度、茎粗、单株质量、产量没有显著影响,表明甜高粱对水分依赖不高,具有很强的耐旱和抗旱性;地膜对甜高粱有极显著影响,使其生育期提前,茎秆高度增高,单株质量增加、产量提高;糖分含量在开花-收获期为 15.93%~16.67%,比不盖地膜增加了 29.19%~47.98%;大田示范密度 0.50 m × 0.20 m,开花-收获期 666.7 m<sup>2</sup> 产量达 4 890.8 kg,投入产出比为 1:1.78,效益显著。研究表明,在青海高原东部农业区盖地膜种植饲用甜高粱,用作饲料是完全可行的。

**关键词:**甜高粱;饲料作物;地膜;含糖量

中图分类号:S514.022

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2010)09-0075-07

随着世界农业的发展,大力开发饲草饲料对农业结构调整、生态农业及可持续发展农业必将起到巨大的作用<sup>[1]</sup>。甜高粱(*Sorghum bicolor*)为世界上生物学产量最高的作物,在生物量能源系统中是第一位的竞争者<sup>[2]</sup>,为近年来新兴的一种糖料作物、饲料作物和能源作物。在甜高粱的诸多用途中,作为饲料利用具有明显的优势,既可做牧草放牧,又可刈割做青饲、青贮和干草,甜高粱是优质的饲料资源,种植甜高粱已成为世界众多国家推进本国种植业发展的一条重要途径<sup>[3]</sup>。中国北方草地自春季 5 月开始返青,6-7 月快速生长,8 月达到最大产量高峰,9 月地上植物逐渐枯黄凋落,10 月-次年 4 月为枯草期<sup>[4-5]</sup>。青海省是我国重要的畜牧业生产基地,全国五大牧区之一,由于高原自然条件的限制、饲养管理水平落后、超载放牧、草地退化等原因,每年损失可食鲜草 1 200 万 t,每年长达半年的冬春季枯草期,天然草地草资源匮乏,牲畜需要大量饲草料补充。随着人民生活水平的提高,青海奶业发展较快,以西宁为中心已形成产、加、销一体的产业化雏形,还有数量众多的育肥牛羊,都需要大量青饲料<sup>[6]</sup>。目前青海省牧区冬春备荒多以青饲燕麦草为主,农区奶牛及育肥牛羊以玉米秸秆和小麦秸秆为主,气候较好地区种植少量苜蓿,还没有饲用甜高

粱种植的报道。为了探索甜高粱在青海作为饲料作物种植的可能性,开辟青海饲料新途径,中科院西北高原生物研究所和中科院近代物理研究所合作在中科院西北高原生物研究所平安生态农业试验站开展了甜高粱试验研究。

## 1 试验站基本情况

试验站位于青海省平安县小峡镇下红庄村,地理位置 102°18' E, 36°38' N, 紧靠国道 109 公路旁,湟水谷地,距离西宁市 27 km,海拔 2 100 m,年平均气温 6.2 °C,年均降水量 354.1 mm,年蒸发量 1 800 mm,无霜期 179 d。日平均气温稳定通过 ≥0 °C 的初日为 3 月 13 日,终日为 11 月 1 日,期间积温 2 900 °C·d;稳定通过 ≥5 °C 的初日为 4 月 7 日,终日为 10 月 20 日,期间积温 2 500 °C·d。土壤属灌淤型红粘砂土,灌淤厚度 50~60 cm,田间耕层有机质含量 1.7% 左右,全氮 0.112%,全磷 0.058%,全钾 1.782%,pH 值

\* 收稿日期:2009-12-09

基金项目:中国科学院西北高原生物研究所知识创新工程领域前沿项目(0754321211);中国科学院西部之光项目(0906040XB0);中国科学院方向性重点项目(KJCX2-YW-N34-3);中国科学院西部行动项目(0906130XBX)

作者简介:李春喜(1959),男,河南新乡人,副研究员,学士,从事作物育种与栽培学研究。

E-mail: cxli@nwipb.ac.cn

通信作者:李文建 E-mail: wjlh@impcas.ac.cn

8.3~8.8。土壤肥力水平中等,地势较平坦。

## 2 材料与amp;方法

**2.1 试验材料** 供试甜高粱品种为中科院近代物理研究所2006年从澳大利亚引进,编号BJ0602。

地膜宽幅为3 m,两边埋入土里,地面保留盖膜宽度2.5~2.7 m。铺好地膜后,用卷尺固定株行距,人工戳孔,3~4 cm深,每穴下种2~4粒。

### 2.2 试验方法

**2.2.1 密度试验** 设株距×行距为A(0.40 m×0.42 m)、B(0.40 m×0.33 m)、C(0.40 m×0.28 m)、D(0.40 m×0.24 m)、E(0.40 m×0.20 m),每666.7 m<sup>2</sup>对应的株数分别为4 000、5 000、6 000、7 000、8 000株5种处理,重复2次;全部盖膜,每条幅上种6行,小区面积17 m×2.4 m,小区间设1 m间隔,两端为保护行,密度为0.40 m×0.20 m。4月28日铺膜,5月3日播种。

**2.2.2 灌溉试验** 设盖膜(M)、不盖膜(N)2种处理,每种处理设不浇水(H)、浇1次水(S1)(5月17日苗期)、浇2次水(S2)(5月17日苗期、6月13日出苗后期)、浇3次水(S3)(5月17日苗期、6月13日出苗后期、7月13日拔节期)4种处理,株距×行距为0.50 m×0.20 m,小区面积10 m×5.5 m,小区间筑0.5 m塍坎。4月28日铺膜,4月29日播种。

**2.2.3 示范种植** 全部盖膜,株距×行距为0.50 m×0.20 m,每条幅种5行,共11条幅,总面积0.27 hm<sup>2</sup>(包括条幅间空行面积)。4月28~29日铺膜。5月2~3日播种。

### 2.3 测定项目

**2.3.1 出苗率、定株率** 出苗10 d后,3~5叶查苗(5月21日),计算出苗率;经移栽补苗,拔节期统计定株率(7月7日),查苗和定株率同在中间行测定。

**2.3.2 株高、茎粗、单株质量、叶片数** 在收割前,在密度试验、灌溉试验的每个处理、示范田每个条幅的中间行中部连续取10株,盖地膜的从基部往上第6节,不盖地膜的从基部往上第4节,用卷尺

测单株高度;用游标卡尺测单株茎粗;在电子秤上称单株质量;数单株叶片数。

**2.3.3 糖分含量** 分别于抽穗期和收割前(开花-灌浆期),对密度试验、灌溉试验的每个处理中间行连续取3株,盖地膜的从基部往上第6节,不盖地膜的从基部往上第4节,测茎秆汁液糖锤度;从示范田中连取3株测单株每一节的汁液糖锤度,分析糖分在单株中的分布。测试仪器为北京万成北增精密仪器有限公司生产的W2-103型糖度折射仪,精度0~32%。

**2.4 田间管理** 除灌溉试验的播种时间、浇水次数与密度试验、示范田不同外,其他田间管理基本相同,4月21日浇作水,4月27日底肥施磷酸二铵25.0 g/m<sup>2</sup>,尿素12.4 g/m<sup>2</sup>,耙磨地;5月11~15日放苗,6月1~4日间苗、补苗;5月17日浇1水;6月7~9日第2次补苗,第1次打芽,追施磷酸二铵12.4 g/m<sup>2</sup>、尿素25.0 g/m<sup>2</sup>,6月13日浇2水;7月6~7日第2次打芽、8~10日第2次追施尿素25.0 g/m<sup>2</sup>、13日浇3水;追肥全部集中埋入离根8~10 cm处;灌溉试验不盖膜的8月26日第3次打芽。追肥分别在出苗后期和拔节期,浇水3次。整个生长期没有病虫害,没有施任何农药。

**2.5 数据处理** 所获数据,均用统计学方法计算出平均值和标准差,进行比较分析。

## 3 结果

**3.1 密度试验** 密度从A处理到E处理,出苗率为83.2%~93.6%,经补苗后定株率在94%以上;各处理生育期表现一致,5月11日出苗,7月9日拔节,9月3日抽穗,在开花-灌浆期(10月21日)收获,表明密度对生育期没有影响。单株叶片数13.2~14.1(表1)。

表1 甜高粱密度试验生育期及叶片数

处理 (株距×行距)	666.7 m <sup>2</sup> 密度(株)	出苗率 (%)	定株率 (%)	叶片数 (叶/株)
A(0.40 m×0.42 m)	4 000	91.5	97.55	13.8±1.20
B(0.40 m×0.33 m)	5 000	92.3	94.35	13.2±0.53
C(0.40 m×0.28 m)	6 000	93.6	97.60	13.8±0.94
D(0.40 m×0.24 m)	7 000	83.2	97.20	14.1±0.99
E(0.04 m×0.20 m)	8 000	88.6	97.05	13.5±0.61

株高、产量随着密度的增加而增加,茎粗、单株质量随着密度的增加而降低。株高以处理 E 最高,达 2.79 m,随密度降低株高依次降低,处理 A 最低,为 2.44 m;茎粗以处理 A 最粗,达到 2.99 cm,随密度增加茎粗依次降低,以处理 E 最细,为 2.45 cm;株高和茎粗方差分析,  $F$  值  $> F_{0.05}$ ,表明密度对株高和茎粗有显著影响。单株质量以处理 A 最高,达 1.039 5 kg,依次降低,以处理 E 最低,为 0.847 kg,方差分析  $F$  值  $< F_{0.05}$ ,差异不显著,表明密度对单株质量没有显著影响。产量(开花-灌浆期,10月21日收获)以处理 E 最高,理论产量和实测产量每 666.7 m<sup>2</sup> 分别达 6 776 和 6 763.2 kg,实测产量比处理 A 增产 68.78%,比处理 D 增产 13.38%,增产效益显著。产量方差分析  $F$  值  $> F_{0.01}$ ,表明不同密度间产量有极显著差异。进行多重比较分析,相邻 2 个处理间差异不显著,相隔的处理间差异显著或极显著。对收获的样株置自然条件下晾晒 15 d 后测干物质,为原来的 65%,失水 35% 左右(表 2)。

**3.2 灌溉试验** 不考虑地膜效应的条件下,其他因素相同,浇水次数不同,生育期表现一致,盖地膜的处理均在 5 月 8 日出苗,7 月 9 日拔节,8 月 31 日抽穗;不盖地膜的处理均在 5 月 13 日出苗,7 月 24 日拔节,9 月 24 日抽穗,在开花-灌浆期(10月21日)收获(表 3)。表明浇水次数的多少对生育期没有影响。

表 3 甜高粱灌溉试验出苗率、定株率及叶片数

处理	出苗率 (%)	定株率 (%)	叶片数 (叶/株)
MH(盖膜 不浇水)	83.9	96.3	14.2±0.63
MS1(盖膜 浇 1 水)	96.1	97.4	14.8±1.39
MS2(盖膜 浇 2 水)	95.1	97.5	13.6±0.52
MS3(盖膜 浇 3 水)	94.2	94.9	13.2±0.75
NH(不盖膜 不浇水)	77.2	77.4	12.4±1.43
NH1(不盖膜 浇 1 水)	70.7	85.2	12.2±0.63
NH2(不盖膜 浇 2 水)	82.5	89.3	12.8±0.92
NH3(不盖膜 浇 3 水)	68.6	90.5	12.5±0.59

从表 4 中看出,不考虑地膜效应的条件下,其他因素相同,浇水次数不同,盖地膜的株高 2.61~2.74 m、茎粗 2.44~2.57 cm、单株质量在 0.828~0.876 kg、666.7 m<sup>2</sup> 产量为 5 477.4~5 521.9 kg,方差分析  $F$  值  $< F_{0.05}$ ,没有显著差异。不盖地膜的株高 1.67~1.81 m、茎粗 2.36~2.75 cm、单株质量 0.557~0.679 kg、产量 3 161.1~4 096.5 kg,方差分析  $F$  值  $< F_{0.05}$ 。表明盖地膜还是不盖地膜的不同浇水次数对株高、茎粗、单株质量和产量没有影响,差异不显著。说明甜高粱对水分的依赖不高,具有很强的耐旱和抗旱性。

**3.3 地膜效果** 盖地膜比不盖地膜的生育期早,出苗期早 5 d,拔节期早 15 d,抽穗期早 24 d,收获时,盖地膜的在开花-灌浆期,而不盖地膜的停留在抽穗期;盖地膜的出苗率 83.9%~96.1%,不盖地膜的为 70.7%~82.5%,盖地膜比不盖地膜出苗率高 16.5%~18.7%,经补苗后,盖地膜的定株率达 96.2%~97.5%,不盖地膜的为 77.4%~90.2%,盖地膜比不盖地膜定株率高 8.1%~24.3%;单株叶片数盖地膜达 13.2~14.8 叶,不盖地膜的为 12.2~12.8 叶,盖地膜比不盖地膜多 1~2 叶(表 3)。

对盖地膜和不盖地膜的比较分析表明,株高、单株质量、产量之间的方差分析  $F$  值  $> F_{0.01}$ ,达极显著水平,盖地膜比不盖地膜的株高高 0.91~0.94 m、单株质量高 0.197~0.271 kg、产量高 34.67%~73.28%,表明地膜对甜高粱的株高、单株质量、产量都有极显著的作用。盖地膜的茎粗 2.44~2.57 cm,不盖地膜的茎粗 2.36~2.75 cm,方差分析  $F$  值  $< F_{0.05}$ ,表明盖地膜和不盖地膜对茎粗没有影响(表 4)。

**3.4 含糖量测定** 从表 5 中看出,密度试验在抽穗期(9月3日)对各处理单株茎秆含糖量测定,密度处理 A 的汁液糖锤度最高,达 9.36%,其他处理为 8.65%~8.80%,收割前(10月21日)第 2 次测单株汁液糖锤度增加为 15.27%~16.43%。2 次汁液糖锤度测定值方差分析  $F$  值分别为 0.685 4 和 0.967 9,均小于  $F_{0.05}$ ,没有差异,表明密度对单株含糖量没有影响。

表 2 甜高粱密度试验产量

处理 (株距×行距)	株高 (m)	茎粗 (cm)	鲜质量/株 (kg)	干质量/株 (kg)	666.7 m <sup>2</sup> 理论 产量(kg)	小区产量 (kg)	666.7 m <sup>2</sup> 实际产量 (kg)	增产率 (%)	666.7 m <sup>2</sup> 干质量(kg)
A(0.40 m×0.42 m)	2.44±0.13a	2.99±0.25a	1.039 5±0.17	0.673	4 158±240.4	246.42±14.43a	4 007.0±234.6		2 594.2
B(0.40 m×0.33 m)	2.52±0.11ab	2.82±0.27ac	0.997±0.13	0.655	4 985±643.5	291.19±45.99ab	4 735.1±747.8	18.17	3 107.6
C(0.40 m×0.28 m)	2.68±0.12bc	2.63±0.23c	0.928±0.17	0.611	5 568±152.7	329.74±12.86bc	5 361.8±209.2	33.81	3 557.1
D(0.40 m×0.24 m)	2.73±0.15c	2.53±0.30cd	0.888±0.17	0.576	6 216±59.4	366.83±3.51cd	5 965.1±57.1	48.87	3 920.7
E(0.40 m×0.20 m)	2.79±0.15c	2.45±0.26cd	0.847±0.15	0.569	6 776±90.5	415.92±2.21d	6 763.2±35.9	68.78	4 539.4
F 检验	7.95*	7.46*	3.62		21.63**				

注:小区面积为 41 m<sup>2</sup>; \* 表示差异显著( $P<0.05$ ), \*\* 表示差异极显著( $P<0.01$ ).

表 4 甜高粱灌溉试验产量

处理	株高 (m)	茎粗 (cm)	鲜质量/株 (kg)	干质量/株 (kg)	666.7 m <sup>2</sup> 理论 产量(kg)	小区产量 (kg)	666.7 m <sup>2</sup> 产量 (kg)	比不盖膜 增产(%)	666.7 m <sup>2</sup> 干质量(kg)
MH(盖膜 不浇水)	2.61±0.15	2.57±0.22	0.854±0.15	0.571 5	5 633.1±415.4	452.1±33.3	5 479.8±404.1	62.25**	3 669.2
MS1(盖膜 浇 1 水)	2.70±0.56	2.54±0.33	0.844±0.20	0.570 5	5 567.1±406.0	451.9±32.9	5 477.4±399.5	73.28**	3 704.6
MS2(盖膜 浇 2 水)	2.74±0.11	2.44±0.25	0.828±0.15	0.547 0	5 461.5±154.0	455.5±29.1	5 521.9±353.7	63.00**	3 555.7
MS3(盖膜 浇 3 水)	2.63±0.14	2.50±0.27	0.876±0.17	0.560 3	5 632.5±311.4	455.1±27.6	5 516.9±334.8	34.67**	3 548.7
NH(不盖膜 不浇水)	1.67±0.19	2.75±0.40	0.654±0.15	0.406 5	4 313.1±51.3	278.2±3.3	3 372.2±40.1		2 097.6
NS1(不盖膜 浇 1 水)	1.81±0.16	2.36±0.28	0.557±0.14	0.350 0	3 672.9±368.7	260.8±26.2	3 161.1±317.3		1 988.1
NS2(不盖膜 浇 2 水)	1.78±0.19	2.39±0.35	0.569±0.13	0.350 0	3 755.4±700.0	279.5±52.1	3 387.6±631.5		2 083.8
NS3(不盖膜 浇 3 水)	1.78±0.19	2.59±0.27	0.679±0.15	0.397 5	4 481.4±219.1	337.9±15.7	4 096.5±190.6		2 398.4
F 检验	1 346.50**	0.012	194.91**		102.63**				

注:小区面积为 55 m<sup>2</sup>, F 检验是盖地膜与不盖地膜的比较, \* 表示差异显著( $P<0.05$ ), \*\* 表示差异极显著( $P<0.01$ ).

表5 不同处理甜高粱含糖量 %

处理	抽穗期含糖量	收割前含糖量	比不盖膜增
A	9.36±0.98	115.73±1.31	
B	8.67±0.63	15.27±0.29	
C	8.80±0.80	15.87±1.23	
D	8.65±0.88	16.43±0.46	
E	8.80±1.06	16.43±1.25	
MH	8.60±0.72	16.47±0.90	47.98
MS1	8.73±0.99	15.93±0.64	29.19
MS2	9.23±0.65	16.40±1.74	34.43
MS3	8.40±2.03	16.67±0.64	28.92
NH	5.23±0.49	11.13±1.36	
NH1	5.60±0.40	12.33±1.17	
NH2	5.57±0.29	12.20±1.44	
NH3	5.50±1.40	12.93±0.12	

注: A、B、C、D 为株距×行距处理, A 为 0.40 m×0.42 m, B 为 0.40 m×0.33 m, C 为 0.40 m×0.28 m, D 为 0.40 m×0.24 m, E 为 0.40 m×0.20 m; MH 为盖膜不浇水, MS1 为盖膜浇 1 水, MS2 为盖膜浇 2 水, MS3 为盖膜浇 3 水, NH 为不盖膜不浇水, NH1 为不盖膜浇 1 水, NH2 为不盖膜浇 2 水, NH3 为不盖膜浇 3 水。

灌溉试验在抽穗期(9月3日)对各处理单株茎秆含糖量测定,盖地膜汁液糖锤度为 8.40%~9.23%,不盖地膜为 5.23%~5.60%;收割前(10月21日)盖地膜汁液糖锤度为 15.93%~16.67%,不盖地膜为 11.13%~12.93%;盖地膜和不盖地膜的浇水次数处理间汁液糖锤度方差分析  $F$  值  $< F_{0.05}$ , 表明浇水次数对含糖量没有显著影响。盖地膜开花—灌浆期的汁液糖锤度比抽穗期提高 80.61%~89.64%,不盖地膜的提高 112.81%~130.81%。表明随着生育期的延长,茎秆糖分含量也快速增加。盖地膜的汁液糖锤度在抽穗期比不盖地膜高 52.73%~64.44%、开花—灌浆期高 29.19%~47.98%,表明盖地膜对茎秆糖分含量的积累有明显的促进作用。

10月21日测定单株每节含糖量,密度 0.50 m×0.20 m,盖地膜,甜高粱共有节间数 13~14 节,每节的汁液糖锤度见图 1。基部第 1 节为 14.52%,第 2 节下降为 13.27%,之后逐节汁液糖锤度增加,第 10 节达到最高值(18.73%)

后,随节间数的增加逐节降低,第 14 节(穗下节)为 15.30%,总体平均为 16.51%,该平均数与第 6 节的汁液糖锤度 16.80% 最接近,因此可以通过测第 6 节的含糖量来代表整株的含糖量。

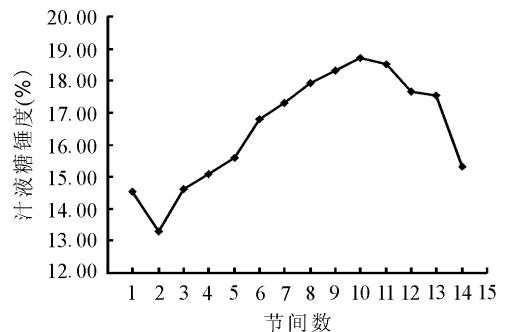


图1 不同节间的糖分含量

3.5 示范田结果 示范田出苗 5 月 8—9 日,出苗率 74.7%~92.7%,经补苗后,定株率为 86.3%~98.0%,拔节期 7 月 3 日,抽穗期 9 月 3 日,10 月上旬(开花—灌浆期)测定株高 2.59~2.75 m,茎粗 2.55 cm,单株质量 0.814 0~0.886 5 kg,理论产量每 666.7 m<sup>2</sup> 平均为 5 106.3 kg,实测产量平均为 4 890.8 kg。

3.6 效益分析 以每 666.7 m<sup>2</sup> 平均产量 4 890.8 kg,0.26 元/kg 计,产值 1 271.61 元,生产成本计 715.00 元,其中化肥 150.00 元,种子 60.00 元,人工(铺地膜、种、打芽、收割等) 400.00 元,地膜 90.00 元,水费 15.00 元,可获纯收益 556.08 元,投入产出比为 1:1.78,效益显著。另外,农民把打下的芽(分蘖枝)带回家喂牛羊,牛羊喜食。初步试验结果表明,甜高粱在青海省东部农业区种植,用作饲料是完全可行的。

#### 4 讨论

饲料谷物是在食用谷物基础上培育出来专门用来饲养牲畜的特殊品种,包括饲料水稻、玉米、麦类、薯类、高粱、油菜等。饲料谷物等同于高蛋白的草,全株营养丰富,是现代营养体农业的主体之一<sup>[7]</sup>。甜高粱具有很强的抗逆力,种植地域很广泛,热带、温带和亚寒带均可种植,尤其是在一些气候条件不利、生产条件不好的地区,土壤瘠薄的山区和半山区都可种植<sup>[8]</sup>。国外高产纪录为

169 005 kg/hm<sup>2</sup>, 国内高产纪录产量 157 500 kg/hm<sup>2</sup>, 一般产量 6 万~12 万 kg/hm<sup>2</sup>, 比青饲玉米增产 4.5 万~6 万 kg/hm<sup>2</sup>。甜高粱营养丰富, 各种养分含量均优于玉米, 茎秆本身含糖量达 18%, 比青饲玉米高 2 倍, 甜脆爽口, 适口性好, 没有不良气味, 奶牛和牲畜都喜欢吃, 可有效提高肉、蛋、奶的产量和质量, 不论是用作青饲料, 还是用作青贮饲料, 其效果均比玉米好。在当前生产中使用的青饲玉米、大麦、苜蓿、燕麦中, 甜高粱独占鳌头, 因此大力开发推广甜高粱作物是发展畜牧业的可靠有效的措施<sup>[3]</sup>。我国北方部分地区的水热条件在种植一季粮食作物时有余, 而种植两季粮食作物又嫌不足; 在这些地区利用剩余的光、热、水、土资源, 发展农区草业, 将牧草引入传统耕地农业, 在保证谷物生产水平的基础上, 充分利用光、热、水、土等资源, 在大幅度提高第一性生产的生产效率的同时, 又为第二性生产提供优质、充足、廉价的饲料资源, 以先进养殖业, 提高饲料报酬率, 其提供的生态服务功能无可替代<sup>[9]</sup>。

自 20 世纪 70 年代以来, 我国从美国引进甜高粱品种丽欧 (Rio)、洛马 (Roma)、雷伊 (Wray)、拉马达 (Ramada) 等品种后产量大幅度提高, 种植面积迅速扩大, 很快传播到河北、河南、天津、宁夏、湖北、安徽、云南、广东等地, 产量为 33 510~56 475 kg/hm<sup>2</sup>, 是玉米产量的 1.92~2.5 倍, 大量用作牲畜饲料。此后中国科学院原子能利用研究所及辽宁、沈阳、黑龙江、吉林、新疆等地的科研院所都相继开展了甜高粱的研究, 育出一批甜高粱饲用品种, 平均产量 45 000~75 000 kg/hm<sup>2</sup>, 还可产 3 000~4 000 kg/hm<sup>2</sup> 的籽粒。目前, 甜高粱的种植面积已扩大到全国 24 个地区, 多以饲料为主, 又以青贮饲料为多。由于甜高粱比玉米青贮产量高, 成熟时茎叶鲜绿, 茎秆多汁多糖, 许多地方都改变了过去的传统习惯, 由种植青贮玉米改为种植甜高粱进行青贮。天津市工农联盟农场用甜高粱作青贮饲料成本比玉米降低 25%, 奶增产 0.55 kg/(头·d), 乳脂率提高 0.12%。北京北郊农场和南郊牛奶公司, 以甜高粱作为青贮

饲料, 每年青贮甜高粱饲料 3 500 万 kg, 种植甜高粱解决了他们饲料不足问题, 即经济方便、饲喂效果又好<sup>[10]</sup>。21 世纪初, 中国科学院植物研究所利用育成的新品种, 研制出了具有自主知识产权的甜高粱秸秆粉配合饲料(发明专利: ZL99106068)深加工技术, 已在生产上应用<sup>[11]</sup>。近年来, 中国科学院近代物理研究所在兰州、定西、白银及武威等市的水浇地、旱地、山坡地、盐碱地等多种区域近 200 hm<sup>2</sup> 土地上试种了 10 多个品种, 筛选出了 4 个适宜推广种植的优良品种, 其茎秆 667.7 m<sup>2</sup> 产量平均在 5 t 以上, 汁液糖锤度平均在 18% 左右。利用民勤县已经倒闭的原玉米酒精厂大量闲置设备, 采用全国首家甜高粱酒精发酵工业化生产技术生产酒精, 目前这项技术工艺已经申报专利。另外榨汁后还可得 40% 甜高粱渣, 即可获得 3 万 kg/hm<sup>2</sup> 的甜高粱渣, 通过加工为青贮饲料进行肉牛育肥, 可满足 4 头肉牛的饲料供应<sup>[12]</sup>。

青海地处高原, 气温相对偏低, 每年种一季作物, 多以春小麦、青稞、油菜、马铃薯为主。川暖水地 7 月底、8 月上旬收割完毕, 土地裸露, 呈一片土黄色。而 8—9 月中旬这段时间, 气温虽比 7 月下降, 但仍是较高时期。2009 年试验, 7 月下旬甜高粱高度 1.2 m 左右, 到 9 月初为 2.2 m 以上, 9 月底为 2.6 m 以上, 这个阶段成为甜高粱生长发育最快、生物产量、糖分含量积累最多的时期。9 月下旬青海高原日最高气温降至 15℃ 以下, 试验站附近农民种的玉米已是叶枯秆黄, 而盖地膜甜高粱的生育期在开花期, 不盖地膜在抽穗期。气温虽不能满足甜高粱完整生长的需求, 但此时甜高粱生长繁茂, 茎叶鲜绿, 茎秆多汁多糖, 口感也好。此时收获, 产量和含糖量虽然没有达到最高值, 但也处于较高时期, 仍是一个品质优良的饲料作物, 完全可以用作青干、青贮饲料, 满足畜牧业发展需要。因此在青海东部农业区种植甜高粱可充分利用其他作物收割后的光、热、水、气资源, 还能延长青海高原秋天田野绿色期。

甜高粱是一个节水型作物, 具有较强的耐旱和抗旱性。青海高原属于干旱地区, 东部农业区年

均降水量仅有 200~400 mm, 种植甜高粱可以避免与其他作物争水的矛盾。在整个试验种植期, 没有发生任何病虫害, 没有施用任何农药, 种植甜高粱不会有任何污染, 是一种绿色饲料作物。

## 参考文献

- [1] 李建平, 郭孝. 国内外饲用高粱生产、科研状况及应用前景[J]. 饲料研究, 2007(10): 68-70.
- [2] 黎大爵. 甜高粱可持续农业生态系统研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(8): 1021-1024.
- [3] 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.
- [4] 魏永林, 许存平, 张盛魁, 等. 气候变化对青海海北地区天然草地生物量及生态环境的响应[J]. 草业科学, 2008, 25(3): 12-17.
- [5] 周道玮, 孙海霞, 刘春龙, 等. 中国北方草地畜牧业

- 的理论基础问题[J]. 草业科学, 2009, 26(11): 1-11.
- [6] 胡宁红, 胡宁玺. 青海奶业发展与创新[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2008, 38(2): 38-39.
  - [7] 刘成果. 奶业振兴, 急需草业支撑[J]. 草业科学, 2008, 25(12): 3-5.
  - [8] 卢庆善. 甜高粱研究进展[J]. 世界农业, 1998, 229(5): 21-23.
  - [9] 任继周, 林慧龙. 农区种草是改进农业系统、保证粮食安全的重大步骤[J]. 草业学报, 2009, 18(5): 1-9.
  - [10] 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.
  - [11] 黎大爵. 开发甜高粱产业、解决能源、粮食安全及三农问题[J]. 中国农业科技导报, 2004(5): 55-57.
  - [12] 董喜存, 李文建, 李岩, 等. 对甘肃省甜高粱产业发展的思考与探讨[J]. 甘肃科技, 2008, 22: 4-6.

## Preliminary study on sweet sorghum growing on Qinghai Plateau

LI Chur xi<sup>1</sup>, DONG Xi cun<sup>2</sup>, LI Werr jian<sup>2</sup>, ZHANG Huai gang<sup>1</sup>, CHEN Zhi guo<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Qinghai Xining 810001, China;

2. Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Gansu Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) was grown on Qinghai Plateau and the preliminary results indicated that the plant density showed a significant effect on plant height, stalk diameter and unit yield, but its effect on growth period and single plant yield were not significant. The highest yield was 101 448 kg/hm<sup>2</sup> when plant density was 120 000 plants/hm<sup>2</sup>. The irrigation times did not significantly affect the growth period, plant height, stalk diameter, single plant yield and unit yield, which suggested that sweet sorghum had strong drought tolerance and drought resistance. Plastic film mulching showed significant positive effect on growth period, plant height and unit yield. The sugar content under plastic film mulching was 15.93% to 16.67% and increased by 29.19% to 47.98% compared with control. In field demonstration trial, the yield was 73 362 kg/hm<sup>2</sup> (density was 90 000 plants/hm<sup>2</sup>) and the ratio of input and output was 1: 1.78. It could be concluded that sweet sorghum was satisfied as forage and silage in the research area.

**Key words:** sweet sorghum; forage crop; plastic film; sugar content