

网络出版时间:2012-08-15 15:35
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120815.1535.019.html>

盐碱地对甜高粱秸秆产量与含糖锤度的影响

再吐尼古丽·库尔班¹,吐尔逊·吐尔洪²,阿扎提·阿布都古力¹

(1 新疆农业科学院 生物质能源研究所,新疆 乌鲁木齐 830091;2 新疆农业大学 草业与环境科学学院,新疆 乌鲁木齐 830052)

【摘 要】 【目的】分析盐碱地对甜高粱含糖锤度及秸秆产量的影响,筛选秸秆产量和含糖锤度较高的耐盐甜高粱品种。【方法】以 22 个不同品种(系)甜高粱为试验材料,分别在正常田块(对照)和盐碱地种植,研究不同土壤对甜高粱秸秆产量和含糖锤度的影响。【结果】相同高粱品种在盐碱地的秸秆产量均低于对照,盐碱地秸秆产量较高的品种有“晋甜 09-1”、“济甜杂 1 号”、“辽甜 2 号”等。同一高粱品种在不同土壤中的秸秆含糖锤度不同,盐碱地中秸秆含糖锤度在 18% 以上的甜高粱品种有“303A/304”、“龙甜高粱-5”、“晋甜 08-1”、“辽甜 6 号”、“新高粱 3 号”,对照田块中秸秆含糖锤度在 18% 以上的甜高粱品种有“L0204/LTR115”、“龙甜高粱-5”、“合甜”、“晋甜 08-1”、“辽甜 7 号”。【结论】盐碱地对不同品种甜高粱的秸秆产量和含糖锤度有明显影响,鉴于各参试品种表现出不同的特点,并未从中筛选出秸秆产量和含糖锤度高的甜高粱品种。

【关键词】 甜高粱;盐碱地;含糖锤度;秸秆产量

【中图分类号】 S514.06 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2012)09-0109-06

Effect of saline soil on the stalk yield and sugar contents of sweet sorghum

ZAITUNIGULI · Kuerban¹, TUERXUN · Tuerhong², AZATI · Abuduguli¹

(1 Research Institute of Bioenergy, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China;
2 College of Grassland and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: 【Objective】 The study was conducted to analyze the effect of saline soil on the yields and brixes, and to select the salt tolerant varieties with high stalk yields and high brix under saline soil condition. 【Method】 22 sweet sorghum varieties were cultivated in the saline soil and normal soil. The stalk yields and brixes in stems were tested. 【Result】 The stalk yields of a variety in saline soil were less than that in CK. The varieties of high stalk yields were Jintian 09-1, Jitianza No. 1 and Liaotian No. 2. ; The brixes of the same variety in different soils were different. The varieties with brixes higher than 18% in saline soil were 303A/304, Longtian No. 5, Jintian 08-1, Liaotian No. 6, XT-2; The varieties with brixes higher than 18% in CK were L0204/LTR115, Longtian No. 5, Hetian, Jintian 08-1, Liaotian No. 7. 【Conclusion】 The saline soil caused significant difference in stalk yields and brixes of different varieties. The varieties with high stalk yields and high brix under saline soil were not selected because there were significant differences between the varieties’ physiological characters in saline soil.

Key words: sweet sorghum; salt soil; sugar content; stalk yield

〔收稿日期〕 2012-01-13
〔基金项目〕 新疆农业科学院优秀青年基金项目(xjnyk-2012-023);新疆科研院所改革与发展专项(2010032)
〔作者简介〕 再吐尼古丽·库尔班(1981—),女(维吾尔族),新疆阿克苏沙雅人,助理研究员,硕士,主要从事生物质能源作物研究。
E-mail: zaytungul@sohu.com
〔通信作者〕 阿扎提·阿布都古力(1960—),男(维吾尔族),新疆吐鲁番人,高级实验师,主要从事生物质能源产业化研究。
E-mail: Azat4565@gmail.com

根据联合国教科文组织和粮农组织的不完全统计,全世界盐碱地的面积约为 9.54 亿 hm^2 ,我国约有 0.99 亿 hm^2 ,且分布范围广,是盐渍化危害最为严重的国家之一,尤其是在生态系统脆弱的西部干旱、半干旱地区绿洲土壤盐渍化问题异常突出^[1-3]。而且次生盐碱化问题在不断加剧,给农业生产带来严重威胁^[4]。因此,研究植物的抗盐性,筛选耐盐性农作物品种,已成为农业发展及环境治理亟待解决的重要课题。

甜高粱属于碳四途径(C4)植物,具有很高的净光合速率。它起源于干旱、炎热、土壤贫瘠的非洲大陆,具有很强的抗逆境能力,与其他禾谷类作物相比,甜高粱更为抗旱、耐涝、耐盐碱、耐瘠薄、耐高温、耐干热风等,对土壤的适应能力较强^[5]。此外,甜高粱用途广泛,可谓浑身是宝,其籽粒可以食用、作酿酒原料或饲料;叶片富含蛋白,可用作饲料,也可直接还田,改良土壤;茎秆可生产酒和酒精,榨汁后的残渣可作为制造纸张及纤维板的原料;酒糟可作为饲料喂牛,也可用于生产改良盐碱地的有机肥料^[6-7]。目前有关甜高粱研究方面的文献主要集中于栽培育种、秸秆发酵产乙醇及菌株筛选、秸秆糖分研究、秸秆贮藏技术及盆栽试验下耐盐生理指标变化等方面^[8-10],但未见关于田间盐胁迫对甜高粱生长特性、产量、含糖量等经济效益影响的研究。新疆

盐碱土的总面积为 0.22 亿 hm^2 ,占全国盐碱土面积(0.99 亿 hm^2)的 22.01%^[11],不少地方因土壤盐渍化,土地处于抛荒状态。因此,种植甜高粱对有效利用盐渍化土地和缓解能源危机具有重大意义。为此,本研究以新疆及外省区引进的 22 个不同品种(系)甜高粱为试验材料,在正常田块和盐碱地种植,研究盐碱成分对甜高粱含糖锤度及秸秆产量的影响,以期对甜高粱耐盐高糖品种的筛选提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

新疆及外省区引进的甜高粱品种(系)有“沈试 203 号”、“L0204/LTR115”、“济甜 1 号”、“303A/304”、“L0206A/LTR116”、“晋甜 09-1”、“龙甜高粱-5”、“辽甜 3 号”、“合甜”、“济甜杂 1 号”、“晋甜 08-1”、“辽饲杂 1 号”、“辽甜 7 号”、“龙甜高粱-1”、“辽甜 4 号”、“龙甜高粱-2”、“辽甜 2 号”、“辽甜 1 号”、“辽甜 6 号”、“313A/314”、“新高粱 3 号”、“新高粱 9 号”等 22 个。

1.2 试验设计

试验于新疆农业科学院玛纳斯试验站进行。选择土壤盐分含量不同的正常田块(对照,CK)和盐碱地,土壤养分含量详见表 1。

表 1 不同供试土壤的养分及盐分含量

Table 1 Fertilities and salt contents of different soils

试验土壤 Experimental plots	土层深度/cm Soil layer	pH	水溶性氮/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Water soluble nitrogen	有效磷/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Effective phosphor	速效钾/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Available Potassium	Cl^- / ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Na^+ / ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	盐分含量/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Salt content
对照 CK	0~20	8.89	64	19.4	426	0.04	0.11	1.2
盐碱地 Saline soil	0~20	9.85	140	27	722	0.58	1.8	3.2~5.4

2010-05-05 播种,09-19 收获。试验采用随机区组排列,4 行区,2 次重复,行长 5 m,行距 0.6 m,株距 0.2 m,小区面积 $5 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} \times 4 = 12 \text{ m}^2$,精量播种,每穴 4 粒。播种后在距株行 10 cm 左右处开沟,人工施入磷酸二铵 7.49 g/m^2 ,硫酸钾镁 7.49 g/m^2 ,重过磷酸钙 7.55 g/m^2 ;再结合头水追肥尿素 30 g/m^2 。在高粱生长至 3~5 叶期时人工间苗,除分蘖 2~3 次,5~7 叶期定苗。头水前中耕 3 次,并人工培土;头水后喷施高效氯氰菊酯、定虫咪除虫。全生育期浇水 4~5 次。

1.3 测定项目及方法

于收获期测定每小区甜高粱新鲜秸秆产量和含糖锤度。含糖锤度的测定方法为,于收获期在每个小区随机选取 3 株甜高粱,用数字糖度计测量茎下、

中、上部节间糖汁的锤度(%),3 次重复,取平均值。

1.4 数据处理

试验数据采用 DPS 软件的一般线性模型进行方差分析,显著性检验用 LSD 多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同土壤对甜高粱秸秆产量的影响

从表 2 可以看出,区组间的甜高粱秸秆产量差异不显著($P>0.05$),表明各重复的试验条件基本一致,重复之间的试验误差很小。但不同品种、土壤及其交互作用对甜高粱秸秆产量的影响差异均达到极显著水平,这是由于所选用的甜高粱品种在形态特征和产量特征上具有不同的特点^[12]。从 F 值看,土壤对甜高粱秸秆产量的影响大于品种。

表 2 不同品种甜高粱秸秆产量的方差分析

Table 2 Variance analysis of biological yield of different sweet sorghum varieties					
变异来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 Freedom	均方 Mean squares	F 值 F-value	P 值 P-value
区组间 Block	464 145.90	2	232 072.90	3.067 9	0.051 6
土壤间 Soils	100 732 961.56	1	100 732 961.57	1 331.661 0	0.000 1
品种间 Varieties	68 844 950.00	21	3 278 331.00	43.338 6	0.000 1
土壤×品种 Soils×Varieties	29 094 747.00	21	1 385 464.00	18.315 4	0.000 1
误差 Error	6 505 438.00	86	75 644.62		
总变异 Total variation	205 642 241.96	131			

从表 3 可以看出:①对照田块甜高粱秸秆产量为 21.84~76.76 t/hm²,平均产量为 52.55 t/hm²。“辽甜 1 号”的秸秆产量最高,其次为“辽甜 3 号”、“沈试 203 号”、“晋甜 09-1”、“济甜 1 号”、“313 A/314”、“新高粱 9 号”等,而“龙甜高粱-5”、“合甜”、“新高粱 3 号”、“龙甜高粱-1”、“龙甜高粱-2”、“辽甜 6 号”的秸秆产量均相对较低。由此可知,对于土质正常的对照田块,种植甜高粱时应优先采用“辽甜 1 号”,其次可考虑“辽甜 3 号”、“沈试 203 号”、“晋甜 09-1”、“济甜 1 号”、“313A/314”、“新高粱 9 号”。

表 3 不同土壤各品种甜高粱秸秆产量的 LSD 检验

Table 3 LSD test of yield of sweet sorghum varieties in different soils						
品种 Variety	对照 CK			盐碱地 Saline soil		
	秸秆产量/ (t·hm ⁻²) Stalk yield	P=5%显著水平 Significant level at P=5%	P=1%极显著 水平 Significant level at P=1%	秸秆产量/ (t·hm ⁻²) Stalk yield	P=5%显著水平 Significant level at P=5%	P=1%极显著 水平 Significant level at P=1%
沈试 203 号 Shenshi 203	67.55 **	b	AB	19.40 **	hij	GHI
L0204/LTR115	55.79 **	efg	DEFG	30.32 **	cd	DE
济甜 1 号 Jitian 1	65.12 **	bc	BC	28.64 **	cdef	DEF
303A/304	52.33 **	gh	FG	23.50 **	efgh	EFGH
L0206A/LTR116	58.16 **	defg	CDEF	27.31 **	defg	DEFG
晋甜 09-1 Jintian 09-1	66.09 **	bc	BC	55.43 **	a	A
龙甜高粱-5 Longtian-5	21.84	k	K	19.49	hij	GHI
辽甜 3 号 Liaotian 3	67.91 **	ab	AB	29.99 **	cde	DE
合甜 Hetian	25.08 **	k	JK	10.25 **	k	J
济甜杂 1 号 Jitianza 1	59.48 **	cdef	BCDEF	48.45 **	b	AB
晋甜 08-1 Jintian 08-1	48.21 **	h	GH	15.14 **	ijk	HIJ
辽饲杂 1 号 Liaosiza 1	55.87 **	efg	DEFG	30.22 **	cd	DE
辽甜 7 号 Liaotian 7	58.13 **	defg	CDEF	18.93 **	hij	GHIJ
龙甜高粱-1 Longtian-1	33.17 **	ij	IJ	13.23 **	jk	IJ
辽甜 4 号 Liaotian 4	54.34 **	fgh	DEFG	35.04 **	c	CD
龙甜高粱-2 Longtian-2	38.10 **	ij	I	20.06 **	hi	FGHI
辽甜 2 号 Liaotian 2	54.15 **	fgh	EFG	43.16 **	b	BC
辽甜 1 号 Liaotian 1	76.76 **	a	A	14.30 **	ijk	IJ
辽甜 6 号 Liaotian 6	39.77 **	i	HI	22.1 **	fgh	EFGHI
313A/314	63.06 **	bcd	BCD	32.77 **	cd	D
新高粱 3 号 XT-2	32.88 **	j	IJ	20.86 **	ghi	FGHI
新高粱 9 号 T601	62.26 **	bcde	BCDE	20.77 **	ghi	FGHI

注:同列数据后标不同大写字母者表示差异达 P=1%显著水平,标不同小写字母者表示差异达 P=5%显著水平。同行数据后标 * 者表示差异达 P=5%显著水平,标 * * 者表示差异达 P=1%极显著水平。表 5 同。
Note:The data with different capital letters in the same column show significantly different at P=1%,lowercase shows significantly different at P=5%. The one * in the same row shows significantly different at P=5%,two * * shows significantly different at P=1%. The below is same.

②盐碱地甜高粱秸秆产量变化于 10.25~55.43 t/hm²,平均产量为 26.34 t/hm²。其中“晋甜 09-1”的秸秆产量最高,其次为“济甜杂 1 号”、“辽甜 2 号”、“辽甜 4 号”、“313 A/314”、“L0204/LTR115”、“辽饲杂 1 号”等,“合甜”、“龙甜高粱-1”的秸秆产量较低。“晋甜 09-1”与“济甜杂 1 号”的秸秆产量差异显著,且二者与其他品种(除“辽甜 2 号”外)的产量差异均达到极显著水平。
③同一甜高粱品种在不同土壤的秸秆产量有差异。除“龙甜高粱-5”在不同土壤的秸秆产量差异不

显著外,其他 21 个甜高粱品种的秸秆产量差异均极显著,且同一甜高粱品种在盐碱地的秸秆产量均低于对照田块。表明盐碱地对甜高粱的秸秆产量有明显影响。

2.2 不同土壤对甜高粱秸秆含糖锤度的影响

从表 4 可以看出,区组间的甜高粱秸秆含糖锤

度差异不显著($P>0.05$),表明各重复之间的试验误差很小。不同品种、土壤及其交互作用下甜高粱秸秆含糖锤度的差异均达极显著水平($P<0.01$),说明甜高粱品种和土壤盐碱成分及其交互作用对秸秆含糖锤度的影响很大。从 F 值可以看出,土壤对含糖锤度的影响大于品种。

表 4 不同品种甜高粱秸秆含糖锤度的方差分析

变异来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 Freedom	均方 Mean squares	F 值 F -value	P 值 P -value
区组间 Block	0.251 0	2	0.125 5	0.201 2	0.818 1
土壤间 Soils	90.918 2	1	90.918 2	145.789 0	0.000 1
品种间 Varieties	729.293 3	21	34.728 3	55.687 4	0.000 1
土壤×品种 Soils×Varieties	405.307 0	21	19.300 3	30.948 4	0.000 1
误差 Error	53.632 1	86	0.623 6		
总变异 Total variation	1 279.402 0	131			

从表 5 可以看出:①对照田块甜高粱秸秆含糖锤度在 10.59%~20.51%,平均含糖锤度为 16.17%。“晋甜 08-1”的含糖锤度最高,为 20.51%;其次为“龙甜高粱-5”、“合甜”、“L0204/LTR115”、

“辽甜 7 号”、“辽甜 3 号”、“313A/314”、“辽甜 1 号”,含糖锤度均在 17%以上;“辽饲杂 1 号”的含糖锤度最低,为 10.59%。“晋甜 08-1”的含糖锤度极显著高于其他 21 个甜高粱品种。

表 5 不同土壤各品种甜高粱秸秆含糖锤度的 LSD 检验

品种 Variety	对照 CK			盐碱地 Saline soil		
	含糖锤度/% Brix	$P=5\%$ 显著水平 Significant level at $P=5\%$	$P=1\%$ 极显著水平 Significant level at $P=1\%$	含糖锤度/% Brix	$P=5\%$ 显著水平 Significant level at $P=5\%$	$P=1\%$ 极显著水平 Significant level at $P=1\%$
沈试 203 号 Shenshi 203	13.39**	i	G	11.29**	hi	IJ
L0204/LTR115	18.15	bc	BC	17.08	cd	D
济甜 1 号 Jitian 1	15.90	efg	DEF	14.98	e	EF
303A/304	16.94	cde	BCDE	18.22	bc	BCD
L0206A/LTR116	16.53**	def	CDE	12.45**	gh	GHI
晋甜 09-1 Jintian 09-1	15.40*	fgh	EF	13.90*	ef	FG
龙甜高粱-5 Longtian-5	18.38*	b	B	19.89*	a	AB
辽甜 3 号 Liaotian 3	17.81**	bcd	BC	11.35**	hi	IJ
合甜 Hetian	18.28**	b	B	14.24**	ef	F
济甜杂 1 号 Jitianza 1	15.96**	efg	DEF	11.57**	hi	IJ
晋甜 08-1 Jintian 08-1	20.51*	a	A	18.86*	ab	ABC
辽饲杂 1 号 Liaosiza 1	10.59**	j	H	17.03**	cd	D
辽甜 7 号 Liaotian 7	18.01**	bc	BC	10.74**	i	J
龙甜高粱-1 Longtian-1	13.32**	i	G	10.59**	i	J
辽甜 4 号 Liaotian 4	13.38*	i	G	12.08*	h	HIJ
龙甜高粱-2 Longtian-2	15.98*	ef	DEF	17.30*	cd	CD
辽甜 2 号 Liaotian 2	14.69**	gh	FG	7.68**	j	K
辽甜 1 号 Liaotian 1	17.15**	bcde	BCD	10.43**	i	J
辽甜 6 号 Liaotian 6	16.58**	def	CDE	19.97**	a	A
313A/314	17.79	bcd	BC	16.65	d	DE
新高粱 3 号 XT-2	16.55**	def	CDE	19.41**	ab	AB
新高粱 9 号 T601	14.38	hi	FG	13.47	fg	FGH

②盐碱地甜高粱秸秆含糖锤度在 7.68%~19.97%,平均含糖锤度为 14.51%。“辽甜 6 号”的秸秆含糖锤度最高,其次为“龙甜高粱-5”、“新高粱 3 号”、“晋甜 08-1”、“303A/304”、“龙甜高粱-2”、

“L0204/LTR115”、“辽饲杂 1 号”,秸秆含糖锤度均在 17%以上;“辽甜 2 号”的秸秆含糖锤度最低,仅为 7.68%。“辽甜 6 号”与“龙甜高粱-5”、“新高粱 3 号”、“晋甜 08-1”的秸秆含糖锤度差异均不显著,但

这 4 个品种与其他品种间差异极显著。

③同一甜高粱品种在不同土壤间的秸秆含糖锤度有差异,除“303A/304”、“龙甜高粱-5”、“辽饲杂 1 号”、“龙甜高粱-2”、“辽甜 6 号”、“新高粱 3 号”等 6 个品种外,其他品种均以对照田块的秸秆含糖锤度高于盐碱地。“沈试 203 号”、“L0206A/LTR116”、“辽甜 3 号”、“合甜”、“济甜杂 1 号”、“辽饲杂 1 号”、“辽甜 7 号”、“龙甜高粱-1”、“辽甜 2 号”、“辽甜 1 号”、“辽甜 6 号”、“新高粱 3 号”的秸秆含糖锤度在 2 种不同土壤间的差异极显著,“晋甜 09-1”、“龙甜高粱-5”、“晋甜 08-1”、“辽甜 4 号”、“龙甜高粱-2”的含糖锤度在不同土壤间差异显著,而“L0204/LTR115”、“济甜 1 号”、“303A/304”、“313A/314”、“新高粱 9 号”在不同土壤间的差异不显著。表明盐碱地对甜高粱的含糖锤度有影响。

3 结论与讨论

盐胁迫对植物生长影响较大,尤其在重盐碱区,可导致植物死亡、颗粒不收^[13]。本试验结果表明,盐碱地对甜高粱秸秆产量的影响大,同一品种在正常田块和盐碱地的秸秆产量差异极显著(“龙甜高粱-5”除外),这与李新举等^[14]的研究结果一致。本研究结果显示,对照田块中“辽甜 1 号”的秸秆产量最高,“龙甜高粱-5”和“合甜”的秸秆产量较低;盐碱地中“晋甜 09-1”的秸秆产量最高,“合甜”和“龙甜高粱-1”的秸秆产量较低。“晋甜 09-1”和“313A/314”的秸秆产量在 2 种土壤中均较高,而其他甜高粱品种在不同土壤中的秸秆产量变化没有规律性,这是因为不同参试品种(系)的特征和农艺性状不同所致。

本研究结果表明,盐碱地中 22 个甜高粱品种秸秆的平均含糖锤度为 14.51%,对照田块的平均含糖锤度为 16.17%,秸秆液汁含糖锤度的平均值与相关文献报道差异较小,有几个品种含糖锤度平均值高于相关文献报道^[15-17]。甜高粱是高温短日照作物,其茎秆汁液含糖锤度因种植地区的不同而有很大差异,同一品种在光照好、温差大的地区种植,其含糖量会明显高于日照少、温差小的地区^[18]。新疆地区干旱少雨,光照充足,全年日照时间为 2 500~3 500 h,为甜高粱碳水化合物合成和生长提供了得天独厚的最佳条件^[19]。因此,新疆种植的某些甜高粱品种的含糖锤度会高于其他地区。

本研究中,对照田块“晋甜 08-1”的含糖锤度最高,为 20.51%;盐碱地中则以“辽甜 6 号”的含糖锤

度最高,为 19.97%。同一品种在不同土壤中的含糖锤度不一致,其中“龙甜高粱-5”和“晋甜 08-1”在对照田块和盐碱地中的含糖锤度均高于 18%。这是由于在盐胁迫下,不同植物甚至同一植物不同组织和器官的生理生化反应存在差异^[20],导致同一盐碱条件下植物的糖分积累情况存在差异。

本研究发现,对照田块中多数甜高粱品种的含糖锤度高于盐碱地,但“303A/304”、“龙甜高粱-5”、“辽甜 6 号”、“新高粱 3 号”、“龙甜高粱-2”和“辽饲杂 1 号”的秸秆含糖锤度则以盐碱地中高于对照田块。此试验结果与高凤菊^[21]的试验结果相似。

就本试验中供试的甜高粱品种、盐碱地的土壤条件及施肥等管理水平而言,在边远地区盐碱地上种植甜高粱是可行的,但通过甜高粱秸秆产量和含糖锤度这 2 个指标,未能筛选出耐盐、高产、高糖的甜高粱品种。在后续研究中,还需增加供试品种,以期从中筛选出适宜盐碱地种植的甜高粱品种。

[参考文献]

- [1] 朱庭芸. 灌区土壤盐渍化防治 [M]. 北京: 农业出版社, 1992: 32-38.
Zhu T Y. Prevention of soil salinization in irrigation district [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1992: 32-38. (in Chinese)
- [2] 张俊伟. 盐碱地的改良利用及发展方向 [J]. 农业科技信息, 2011, 4(2): 63-64.
Zhang J W. Improvement of saline soil and developing direction [J]. Scientific and Technological Information of Agricultural, 2011, 4(2): 63-64. (in Chinese)
- [3] 鲁春霞, 于云江, 关有志, 等. 甘肃省土壤盐渍化及其对生态环境的损害评估 [J]. 自然灾害学报, 2001, 10(1): 99-102.
Lu C X, Yu Y J, Guan Y Z, et al. Soil salinization in Gansu Province and its economic loss evaluation of eco-environmental damages [J]. Journal of Natural Disasters, 2001, 10(1): 99-102. (in Chinese)
- [4] 吕贻忠, 李保国. 土壤学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 356-357.
Lü Y Z, Li B G. Soil science [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 356-357. (in Chinese)
- [5] 卢庆善, 朱翠云. 甜高粱及其产业化问题和方略 [J]. 辽宁农业科学, 1998, 24(5): 24-28.
Lu Q S, Zhu C Y. Issues of agricultural industrialization and methodologies for sweet sorghum [J]. Liaoning Agricultural Science, 1998, 24(5): 24-28. (in Chinese)
- [6] 宾力, 潘琦. 甜高粱的研究和利用 [J]. 中国糖料, 2008 (4): 58-63.
Bin L, Pan Q. Utilization and research review of sweet sorghum [J]. Sugar Crops of China, 2008(4): 58-63. (in Chinese)
- [7] 卢庆善. 甜高粱 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008: 1-

24.
Lu Q S. Sweet sorghum [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2008: 1-24. (in Chinese)
- [8] 姚正良, 刘 秦. 甘肃河西灌区甜高粱适应性试验 [J]. 中国糖料, 2008(1): 30-33.
Yao Z L, Liu Q. Adaptability experiment of sweet sorghum in west irrigated area of Gansu province [J]. Sugar Crops of China, 2008(1): 30-33. (in Chinese)
- [9] 丛靖宇, 张 烨, 杨冠宇, 等. 不同品种甜高粱幼苗的耐盐能力 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(19): 128-135.
Cong J Y, Zhang Y, Yang G Y, et al. Salt-tolerance in different varieties of sweet sorghum seeding [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(19): 128-135. (in Chinese)
- [10] 王秀玲, 程 序, 李桂英. 甜高粱耐盐材料的筛选及芽苗期耐盐性相关分析 [J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(6): 1239-1244.
Wang X L, Cheng X, Li G Y. Screening sweet sorghum varieties of salt tolerance and correlation analysis among salt tolerance indices in sprout stage [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010, 18(6): 1239-1244. (in Chinese)
- [11] 罗廷彬, 任 崑, 谢春虹. 新疆盐碱地生物改良的必要性与可行性 [J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 46-48.
Luo T B, Ren W, Xie C H, et al. Necessity and feasibility of biotic improving the saline and alkaline land in Xinjiang [J]. Arid Zone Research, 2001, 18(1): 46-48. (in Chinese)
- [12] 焦少杰, 王黎明, 姜艳喜, 等. 不同栽培密度对甜高粱产量和含糖量的影响 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(6): 115-118.
Jiao S J, Wang L M, Jiang Y X, et al. Effect of different densities to yield and sugar content of sweet sorghum [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(6): 115-118. (in Chinese)
- [13] 卢树昌, 苏卫国. 重盐碱区耐盐植物筛选试验研究 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(11): 19-24.
Lu S C, Su W G. Study on the selection of salt-tolerant plants in high saline and alkaline area [J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry: Nat Sci Ed: 2004, 32(11): 19-24. (in Chinese)
- [14] 李新举, 张志国. 甜高粱抗盐性研究初报 [J]. 中国糖料, 1998(4): 30-32.
Li X J, Zhang Z G. Preliminary study on salt resistance of sweet sorghum [J]. Sugar Crops Of China, 1998(4): 30-32. (in Chinese)
- [15] 杜瑞恒, 赵恩庭. 盐碱地种植甜高粱经济性状水平及影响因素 [C]//中国农村生物质能源国际研讨会暨东盟与中日韩生物质能源论坛论文集. 北京: 中国农业出版社, 2008: 358-363.
Du R H, Zhao E T. The Level of economic character target of sweet sorghum planted in saline, Alkaline land and its influencing factor [C]//Proceeding of International Seminar On Rural Biomass Energy and Asean Plus Three(China, Japan and Korea) Forum On Biomass Energy. Beijing: China Agriculture Press, 2008: 358-363. (in Chinese)
- [16] 籍贵苏, 杜瑞恒, 侯升林, 等. 甜高粱茎秆含糖量研究 [J]. 华北农学报, 2006, 21(增): 81-83.
Ji G S, Du R H, Hou S L, et al. Study on the sugar content in the stems of sweet sorghum [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2006, 21(Sup.): 81-83. (in Chinese)
- [17] 范 晶, 陈连江, 陈 丽, 等. 黑龙江省甜高粱的开发利用 [J]. 中国糖料, 2005(3): 58-60.
Fan J, Chen L J, Chen L, et al. The development and utilization of sugar sorghum in Heilongjiang [J]. Sugar Crops of China, 2005(3): 58-60. (in Chinese)
- [18] 邹剑秋, 王艳秋. 我国甜高粱育种方向及高效育种技术 [J]. 杂粮作物, 2007, 27(6): 403-404.
Zou J Q, Wang Y Q. High-efficient breeding technology and breeding direction of sweet sorghum in China [J]. Rain Fed Crops, 2007, 27(6): 403-404. (in Chinese)
- [19] 涂振东, 王钊英, 傅 力. 甜高粱秸秆燃料乙醇产业化问题与对策的探讨 [J]. 可再生能源, 2009, 4(27): 106-109.
Tu Z D, Wang Z Y, Fu L. The problems and countermeasure in the industrialization of ethanol fuel extracted from sweet sorghum [J]. Renewable Energy Resources, 2009, 4(27): 106-109. (in Chinese)
- [20] 惠红霞, 许 兴, 李守明. 宁夏干旱地区盐胁迫下枸杞光合生理特性及耐盐性研究 [J]. 中国农学通报, 2002, 18(5): 29-34.
Hui H X, Xu X, Li S M, et al. Studies on photosynthetic physiological properties and saline-tolerance of lycium barbarum under salt stress condition in the Ningxia drought area [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2002, 18(5): 29-34. (in Chinese)
- [21] 高凤菊. 盐度对不同类型甜高粱品种萌发、生长发育及产量的影响 [D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2011.
Gao F J. Effects of salinity on germination, growth and development, and yield of sweet sorghum [D]. Taian, Shandong: Shandong Agricultural University, 2011. (in Chinese)