

盐碱土壤施肥对甜高粱生物产量、糖锤度及相关性状的影响

唐朝臣, 罗 峰, 高建明, 裴忠有, 李欣禹, 孙守钧

(天津农学院 农学系, 天津 300384)

摘要:为探究施肥对盐碱地条件下种植的甜高粱性状的影响,在大庆地区盐碱土壤条件下,研究施肥对3个甜高粱品种生物产量及含糖等相关性状的影响。结果表明:施肥对甜高粱生物产量、叶片数和出汁率均有极显著影响,对穗重有显著影响,品种与施肥处理之间互作对各性状均无显著影响。对甜高粱7个性状进行相关分析表明,叶片数与生物产量、株高、糖产量、糖锤度之间存在着极显著的相关性,出汁率与糖锤度存在负相关性。甜高粱生产上,应该根据品种的需肥特性,土壤、气候条件,目标性状来科学合理施肥。大庆地区应结合 A_1 (磷酸二铵 750.00 kg·hm⁻²)和 A_2 (磷酸二铵 187.50 kg·hm⁻²和硫酸钾 187.50 kg·hm⁻²)施肥,可提高甜高粱的生物产量、糖锤度和糖产量。

关键词:甜高粱;盐碱地;施肥;生物产量;糖锤度;性状

中图分类号:S566.506.2

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)07-0046-05

甜高粱[*Sorghum bicolor* (L.) Moench]是一种优良的粮食、饲料、能源和糖料作物,它具有生态适应性广、抗逆性强、耐瘠薄、耐盐碱、茎秆含糖量高和乙醇转化率高等诸多特点,是世界上生物学产量最高的作物之一,是最有效的太阳能“转化器”^[1-5]。甜高粱也被誉为“生物能源系统中强有力的竞争者”^[6-7]。近些年,随着地球上可开发和利用的能源日益减少,甜高粱作为一种重要的能源作物受到人们前所未有的重视。甜高粱富含大量的糖分,是生物质能源作物的物质基础^[8],通过发酵可将其茎秆中的糖分转化成燃料乙醇,以缓解能源危机^[9]。同时,甜高粱也是一种重要的饲料作物,不但其营养价值很高,而且它的生物产量也很高,其青贮饲料的产量远高于玉米等其它饲料^[10]。

肥料是作物获得高产的保障,施肥能显著影响作物的生长发育,对甜高粱产量的提高和品质的改善均有明显的影响^[11-12]。氮肥能显著提高甜高粱的生物产量,但施用过多会导致糖锤度下

降,磷和钾肥可以提高甜高粱茎秆的含糖量,但增产效果不明显^[13]。同一甜高粱品种不同肥料配比和施肥方式也均影响甜高粱的产量、含糖量及植株性状^[14-15]。目前,有关盐碱地施肥对甜高粱生物产量、糖锤度、叶片数及出汁率等性状的影响的研究尚未见报道。因此,该试验拟探讨5个施肥处理对甜高粱产量、叶片数、出汁率及含糖相关性状的影响,并分析各性状间的相关性,为在盐碱地种植甜高粱提供科学合理的施肥依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2013年在黑龙江大庆市老虎山生态园进行,土壤质地均匀,地势平坦,前茬为玉米。取0~20 cm土样测得铵态氮 11.9 mg·kg⁻¹,速效磷 37.3 mg·kg⁻¹,有效钾 168.4 mg·kg⁻¹,全盐量为 789.6 mg·kg⁻¹,pH 8.0。

1.2 材料

供试甜高粱品种为 B_1 :辽甜3号, B_2 :甜杂2号, B_3 :罗马。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验设5个施肥处理,3次重复,采用完全随机区组排列,3行区,行长5 m,行距0.5 m,株距0.25 m,小区面积7.5 m²,各小区间隔0.5 m。施肥方案见表1,均按传统施肥方式一次性随播种施入。

1.3.2 测定项目及方法 成熟后每小区取长势

收稿日期:2014-03-19

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2007BAD42B03);天津市科技支撑计划资助项目(12ZCZDNC00100)

第一作者简介:唐朝臣(1988-),男,安徽省巢湖市人,在读硕士,从事饲用作物遗传改良研究。E-mail: tangchaochen1988@163.com。

通讯作者:孙守钧(1961-),男,山东省文登县人,教授,博士,从事饲用作物遗传改良研究。E-mail: sunshoujun@tjau.edu.cn。

均等的植株 10 株,分别测植株鲜重、茎秆重、株高、叶片数、出汁率、糖锤度。小区生物产量由测得鲜重折算得出,糖产量计算公式:甜高粱糖产量=茎秆鲜重×糖锤度×出汁率。出汁液率:由榨汁机压榨 2 遍,出汁液率(%)=榨出汁重/秆重×100。整株糖锤度用 ATAGO 数显锤度计测定压榨完的汁液得出。

表 1 各处理施肥方案

Table 1 The fertilization scheme of each treatment

处理 Treatments	磷酸二铵/kg·hm ⁻² Phosphate diamine	硫酸钾/kg·hm ⁻² Potassium sulfate
A ₁	750.00	0
A ₂	375.00	0
A ₃	375.00	375.00
A ₄	187.50	187.50
CK	0	0

注:试验所用磷酸二铵的含 N 量为 18%,含 P₂O₅ 46%;硫酸钾含 K₂O 50%。

Note: The Nitrogen content of phosphate diamine was 18%, P₂O₅ was 46%; Potassium sulfate containing 50% K₂O.

1.3.3 数据处理 使用 Excel 统计整理记录数据,采用 SPSS 19.0 数据处理系统进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 施肥对甜高粱生物产量的影响

通过方差分析得出(见表 2),施肥对小区生物产量的影响都达到极显著水平。施肥处理间多重比较结果表明 A₁ 处理下生物产量极显著高于 A₄ 和 CK,该施肥处理下相比 CK 对增产的贡献率为 8.01%。由见图 1 可以看出,A₁、A₂、A₃、A₄ 处理的平均生物产量高于对照,不同施肥处理之间存在差异;A₁ 处理下 3 个甜高粱品种的总生物

产量高于其它处理,辽甜 3 号、罗马的产量在该施肥处理下最高,较对照分别提高 15.33% 和 47.79%;甜杂 2 号在 A₃ 处理下最高(117.46 kg),显著高于相应对照 32.17%,与其它处理间差异不显著;罗马在 A₁ 处理下生物产量极显著高于 CK,其它处理均与对照 CK 有显著差异。各处理甜高粱生物产量表现为 B₂A₃>B₁A₁>B₂A₁>B₂A₂>B₁CK>B₁A₂>B₁A₃>B₁A₄>B₂A₄>B₂CK>B₃A₁>B₃A₄>B₃A₂>B₃A₃>B₃CK。

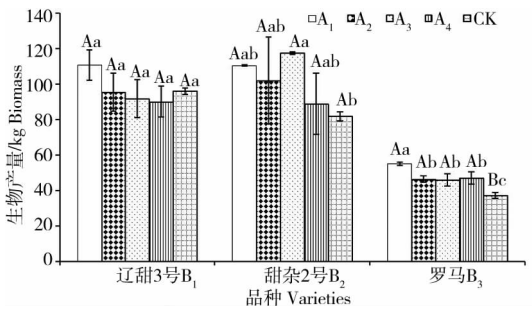


图 1 不同施肥处理甜高粱的生物产量

不同大小写字母分别表示处理间在 0.01 和 0.05 水平有显著性差异。下同。

Fig. 1 Biomass of sweet sorghum with different fertilizing modes

The different capital and lowercases indicate significant difference among treatments at 0.01 and 0.05 level. The same below.

2.2 施肥对甜高粱穗重的影响

从方差分析得出(见表 2),施肥对穗重在 5% 区间上有显著影响。施肥处理间 SSR 检验结果表明(见表 3):A₁ 与 A₂、A₄ 之间差异达到显著水平。施肥处理对试验品种的穗重作用依次 A₁>A₃>CK>A₄>A₂,A₁ 处理较 CK 可提高穗重 14.21%。

表 2 方差分析 F 值

Table 2 The F value of variance analysis

生物产量 Biomass	穗重 Panicle weight	株高 Plant height	糖锤度 Sugar brix	糖产量 Sugar yield	出汁率 Juice yield	叶片数 Leaf number
4.44**	3.04*	1.85	2.57	2.00	5.21**	4.98**

注:* 表示在 5% 水平差异显著,** 表示在 1% 水平差异显著。下同。

Note: * mean significant difference at 0.05 level, ** indicate significant difference at 0.01 level.

2.3 施肥对甜高粱糖锤度的影响

方差分析结果表明,施肥对甜高粱糖锤度无显著影响,但 A₁、A₂、A₃、A₄ 处理与 CK 相比施肥

对糖锤度有提高作用。施肥处理间 SSR 检验结果得出(见表 3):处理 A₄ 与 CK 差异显著,处理 A₄ 糖锤度较 CK 提高 9.64%,其它各处理间无显

表 3 SSR 检验分析
Table 3 The SSR test for traits

处理 Treatment	穗重/kg Panicle weight	处理 Treatment	糖锤度/% Sugar brix
A ₁	11.01 a	A ₄	16.15 a
A ₃	10.53 ab	A ₂	15.88 ab
CK	9.64 ab	A ₃	15.12 ab
A ₄	8.96 b	A ₁	14.99 ab
A ₂	8.83 b	CK	14.73 b

著差异。糖锤度高低依次为 $A_4 > A_2 > A_3 > A_1 > CK$, 施肥对提高糖锤度的平均提高 5.47%。

2.4 施肥对甜高粱叶片数的影响

施肥对甜高粱叶片数的影响达到极显著差异水平, 施肥处理的叶片数均多于对照。图 2 表明, 除对照 CK 外, 其它各施肥处理间无显著差异。 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 施肥处理与 CK 之间差异显著, 在 1% 区间 A_1 、 A_2 、 A_4 与 CK 达到极显著水平。 A_1 处理下 3 个甜高粱品种的平均叶片数最多(12.10), 其次依次为 $A_4 > A_2 > A_3 > CK$, 施肥对增加叶片数的平均贡献率为 11.00%。

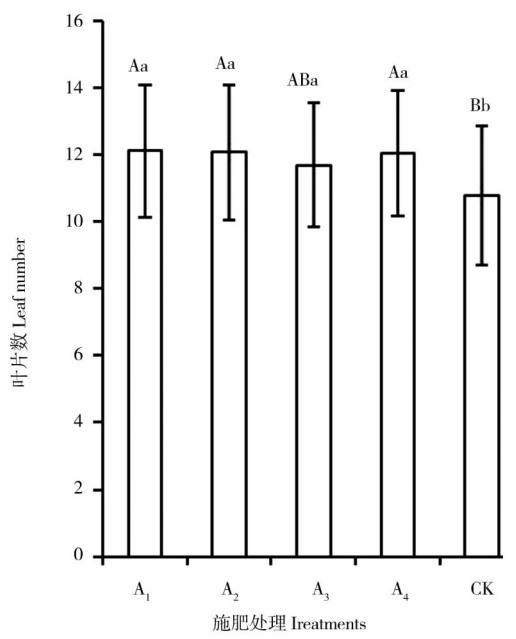


图 2 不同施肥处理甜高粱的叶片数
Fig.2 Leaf number of sweet sorghum with different fertilization treatments

2.5 施肥处理对甜高粱出汁率的影响

从表 2 得出, 施肥对甜高粱的出汁率有极显著的作用。图 3 可以看出: 施肥处理 CK、 A_1 、 A_2 和 A_4 均与 A_3 的差异在 5% 区间上显著, 前 4 个处理之间无显著差异。在 1% 区间施肥处理 CK、 A_1 与 A_3 差异极显著。出汁率高低依次为 $CK > A_1 > A_2 > A_4 > A_3$, 对照处理的出汁率最高, 为 53.05%。施肥处理对提高出汁率的贡献率为 -9.04%。

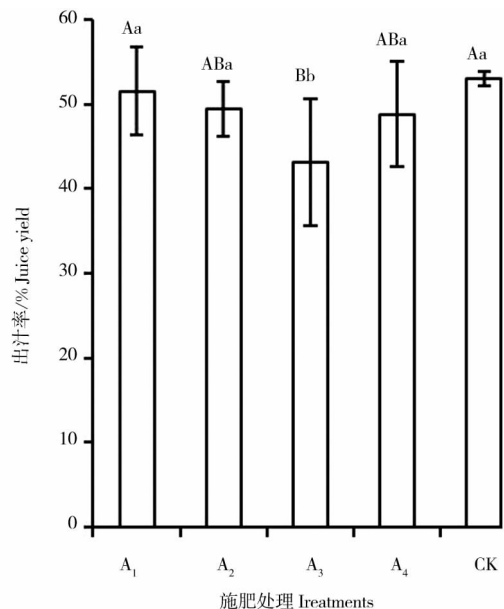


图 3 不同施肥处理甜高粱的出汁率
Fig.3 Juice yield of sweet sorghum with different fertilization treatments

2.6 甜高粱各性状间的相关分析

对甜高粱 7 个性状进行相关分析, 相关系数(R 值)结果见表 3。叶片数与生物产量、株高、

糖产量及糖锤度相关系数分别为 0.902、0.799、0.873、0.385,它们之间存在着极显著的相关性,说明植株叶片较多时可以获得较高的生物产量、糖产量和糖锤度。生物产量与穗重、株高、糖产量之间存在极显著的相关性,糖产量与糖锤度间相

关系数为 0.496,有着极显著的相关性。出汁率与糖锤度存在负相关性,相关系数为-0.650,说明出汁率较高时会中等程度影响甜高粱的糖锤度。

表 4 甜高粱 7 个性状间相关分析
Table 4 The correlations among seven traits

性状 Traits	生物产量 Biomass	叶片数 Leaf number	穗重 Panicle weight	株高 Plant height	糖产量 Sugar yield	糖锤度 Sugar brix	出汁率 Juice yield
生物产量 Biomass	1	0.902**	0.458**	0.683**	0.902**		
叶片数 Leaf number		1		0.799**	0.873**	0.385**	
穗重 Panicle weight			1				
株高 Plant height				1	0.759**	0.445**	
糖产量 Sugar yield					1	0.496**	
糖锤度 Sugar brix						1	-0.650
出汁率 Juice yield							1

3 结论与讨论

品种依然是影响甜高粱众多性状的重要因素之一,试验选用的甜高粱品种对出汁率无显著影响外,对其它 6 个性状均有极显著的影响。品种之间的各个性状差异极显著,说明品种的特性不一,性状的潜力有差异。

施肥同样也是不可或缺的重要因素,肥料是作物获得高产的保证,该试验施肥对甜高粱生物产量、叶片数和出汁率均有极显著影响。从产量及其相关性状上看,施肥有利于甜高粱获得高产;总生物产量在施肥 A₁ 处理下最高,高施氮肥可以提高甜高粱生物产量,与多数研究结果一致^[16]。最佳品种与施肥处理的组合为 B₂ A₃、B₁ A₁ 和 B₃ A₁。性状相关性分析得出,甜高粱的穗重和糖产量随着生物产量的提高而相应的提高。研究发现,施用肥料对增加叶片数有极显著作用,施肥处理的叶片数均多于对照;叶片是植物光合作用的器官,叶片数目直接影响光合产物的总量;由此可见,可以通过施肥增加叶片数目来提高甜高粱的生物产量、糖锤度、糖产量和株高。对糖锤度研究发现,施肥可以提高甜高粱的糖锤度;但随着氮肥施用量的增加,植株茎秆的糖锤度呈下降趋势,和

Almodares 等^[17]研究一致。低施肥量处理的糖锤度高于高施肥量的,施肥中含钾肥的糖锤度要高于不含钾肥的,表明钾肥对糖锤度有提高的作用,与焦少杰等^[18]研究一致。施肥对甜高粱出汁率有着负的极显著作用,会降低植株的出汁率,而出汁率与糖锤度存在负相关性,表明糖锤度随着甜高粱出汁率的降低而提高。

盐碱地是限制甜高粱获得较高产量和糖锤度的制约因素,就该试验供试的甜高粱品种来看,施肥处理后平均小区生物产量、糖锤度分别为 83.35 kg 和 15.54%;通过施肥或其它栽培管理措施在盐碱地土壤条件下种植甜高粱是可行的,可以使大庆盐碱地得到开发利用,同时还可将收获后的茎秆作青贮饲料或将茎秆中的糖分转化燃料乙醇从而缓解大庆石油日渐减少的压力。大庆地区应结合 A₁ 和 A₄ 处理施肥,可提高甜高粱的生物产量和糖锤度。综上所述,在甜高粱种植中,应根据品种的需肥特性,种植地区土壤、气候条件,以及目标性状来科学合理施肥,为获得高产、优质的甜高粱提供保障。

参考文献:

[1] 卢庆善. 甜高粱[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,

- 2008;103-104.
- [2] 李桂英,涂振东,邹剑秋.中国甜高粱研究与利用[M].北京:中国农业科学技术出版社,2008;40-42.
- [3] 刘公社,周庆源,宋松泉,等.能源植物甜高粱种质资源和分子生物学研究进展[J].植物学报,2009,44(3):253-261.
- [4] 罗峰,孙守钧,裴忠有,等.甜高粱饲用品质性状与形态性状的相关分析[J].华北农学报,2009,24(6):202-206.
- [5] 张晓英,赵威军.甜高粱茎秆含糖量的研究进展[J].山西农业科学,2011,39(6):616-618.
- [6] Kundiyana D K. "Sorganol®": In-field production of ethanol from sweet sorghum[D]. MS Thesis, Oklahoma State University, July, 2006.
- [7] 张华文,管延安,秦岭,等.甜高粱茎节含糖量和榨汁率研究[J].华北农学报,2008,23(S):20-24.
- [8] 袁翠平,王永军,吴秋平,等.甜高粱茎秆糖产量形成及其调控研究进展[J].中国农业科技导报,2008,10(3):12-17.
- [9] 肖明松,杨家象.甜高粱茎秆固体发酵制取乙醇产业化示范工程[J].农业工程学报,2006,22(S):207-210.
- [10] 葛江丽,姜闯道,石雷,等.甜高粱研究进展[J].安徽农业科学,2006,34(22):5815-5816.
- [11] 马其东.高产饲料作物栽培技术[M].北京:台海出版社,2002;42-58.
- [12] 朱敏,叶凯,再吐尼古丽·库尔班,等.不同肥料配施处理对甜高粱产量及锤度的影响[J].新疆农业科学,2012,49(10):1847-1851.
- [13] 陈连红,陈丽,赵春雷.氮磷化肥施用量对甜高粱产质性状的影响[C]//吴创之.生物质能源技术国际会议论文集.广州:经天广告传播有限公司,2008;536-542.
- [14] 焦少杰,王黎明,姜艳喜,等.不同施肥方式对甜高粱产量和含糖量的影响[J].中国农村小康科技,2010,(1):62-64.
- [15] 郭彦军,尹亚丽,张健,等.施肥对甜高粱产量及茎叶养分质量分数的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2011,33(10):21-26.
- [16] Turgut I, Bilgili U, Duman A, et al. Production of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) increases with increased plant densities and nitrogen fertilizer levels[J]. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 2005, 55(3): 236-240.
- [17] Almodares A, Jafarinia M, Hadi M R. The effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum[J]. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science, 2009, 6(4): 441-446.
- [18] 焦少杰,王黎明,姜艳喜,等.不同钾肥施用量对甜高粱产量和含糖量的影响[J].黑龙江农业科学,2010(10):54-56.

Effect of Saline Land Fertilization on Biomass, Sugar Brix and Related Traits of Sweet Sorghum

TANG Chao-chen, LUO Feng, GAO Jian-ming, PEI Zhong-you, LI Xin-yu, SUN Shou-jun

(Department of Agronomy, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384)

Abstract: In order to explore the effects of saline-alkali land fertilization on the traits of sweet sorghum, taking three varieties of sweet sorghum in the saline-alkali land of Daqing area, the biomass, sugar brix and related traits of sweet sorghum were studied. The results showed that fertilization had extremely significant impact on biomass, leaves number and juice yield, and had significant effect on panicle weight. Interactions between the different varieties and fertilizer treatments had no significant impact on all traits. Correlation analysis of seven kinds of traits showed that there was a extremely significant correlation between the leaves number and biomass, as well as plant height, sugar yield and sugar brix, but there was a negative correlation between juice yield and sugar brix. Sweet sorghum production should be based on the fertilizer characteristics of different varieties, soil, climatic conditions and target traits to fertilizer scientifically and reasonably. The biomass and sugar content and yield of sweet sorghum could be improved combining with A_1 ($750.00 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ phosphate diamine) and A_4 ($187.50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ phosphate diamine and $187.50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ potassium sulfate) fertilization in Daqing area.

Key words: sweet sorghum; saline-alkali land; fertilization; biomass; sugar brix; traits