

高粱-苏丹草杂交种耐盐性的杂种优势研究

孙守钧¹, 刘惠芬¹, 王云², 张云华², 孙丽华³, 李子芳¹

(1 天津农学院 农学系, 天津 300384; 2 内蒙古民族大学 农学院, 内蒙古 通辽 028042;

3 天津市科学技术委员会, 天津 300011)

摘要: 采用土培、砂培等方法, 利用高粱-苏丹草杂交种, 研究耐盐性杂种优势。结果表明, 在盐(NaCl)胁迫下, 杂种的发芽率、出苗率、幼苗成活率、生长速率等均优于亲本, 存在明显的杂种优势, 但杂种间有差异。而相对电导率及丙二醛含量则存在负向优势。研究中还发现, 种子萌发期比苗期耐盐性强。

关键词: 高粱; 耐盐性; 杂种优势

中图分类号: S332.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2004)S2-0024-04

Study on the heterosis of salt tolerance for sorghum-Sudangrass hybrid

SUN Shou-jun¹, LIU Hui-fen¹, WANG Yun², ZHANG Yun-hua², SUN Li-hua³, LI Zi-fang¹

(1 Department of Agriculture, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384, China;

2 College of Agriculture, Inner Mongolia Nationalities University, Tongliao 028042, China;

3 Tianjin Science and Technology Committee, Tianjin 300011, China)

Abstract: The heterosis of salt tolerance for sorghum × Sudangrass hybrid was studied through soil culturing and sand culturing methods. The results indicated that apparent heterosis existed in seed germination rate, emergence rate, seedling survival rate, growth rate under NaCl stress, the hybrid with advantages over the parents, but which varied with different hybrids, while hybrid weakness existed in relative conductance rate and MDA content. The salt tolerance of the hybrid during seed germination was better than seedling stage.

Key words: sorghum; salt tolerance; heterosis

目前我国盐碱地面积达3 667万 hm^2 , 并且由于灌溉不当所造成的次生盐渍化面积有逐渐扩大的趋势。选育耐盐作物和品种一直是利用盐碱地及含盐水源的有效措施之一。近年来, 国内外广泛开展了高粱耐盐性鉴定、耐盐机理、耐盐基因及基因的标记和筛选等研究工作, 取得了很大成绩^[1-4]。高粱一向被认为是耐盐性较强的作物, 但实际上品种间存在很大差异, 种间差异可能更明显^[5, 6]。Yang等^[7]还比较了高粱和约翰逊草的耐盐性, 但对耐盐性的杂种优势研究迄今鲜有详细报道。本研究所选育的高粱-苏丹草杂交种在生物产量上具有较强的杂种优势, 也是目前具有较强开发潜力的饲料作物^[8]。该杂种

不但产量高, 且耐盐性也较强。为探明该杂种的耐盐机理, 本研究利用粒用高粱、甜高粱、苏丹草及高粱-苏丹草杂交种, 采用土培、砂培等方法, 研究高粱耐盐性的杂种优势, 为高粱耐盐育种提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1998年开始, 在内蒙古通辽和天津两地进行。选用改良苏丹草 TS185、TS175、TS163; 高粱-苏丹草杂交种天农青饲1号、天农青饲2号、6A/TS163; 粒用高粱 6A(高粱不育系)、沈农 447; 甜高粱杂种沈农甜杂2号等为试材。

收稿日期: 2004-09-18

作者简介: 孙守钧(1961-), 男, 教授; E-mail: sunshoujun2001@yahoo.com.cn

基金项目: 天津市教育委员会青年基金项目(99007)

1.2 试验方法

采用盆栽土培、砂培等方法,设不同盐(NaCl)浓度处理。其中,盆栽试验在温室进行,盆钵直径 30 cm,高 33 cm。通辽土培所用土壤类型为灰色草甸土,有机质含量为 8.5 g/kg, pH 8.3,全盐量 2.1 g/kg;天津土培所用土壤为潮土,有机质含量为 8.1 g/kg, pH 8.6,全盐量 2.6 g/kg。播种前先将土壤烘干,等量置入盆中,精选种子,做发芽试验,每盆 40 粒,均匀播种。设盐浓度(质量分数)为 0.3%、0.4%、0.5%、0.6%和 0(对照)5 个处理水平,每个处理水平 3 盆,用等量清水分别将盐溶解后一次性浇入盆中,盆底用白磁盘接渗漏液并回灌,保证盐浓度不变。砂培试验在温室进行,将 1 mm 细砂置于直径 20 cm 高 25 cm 的盆钵中,播前处理同土培,每盆均匀播种 20 粒。设盐浓度(质量分数)为 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%和 0(对照)6 个处理水平,每个处理水平 3 盆。用清水分别将盐溶解后,与等量 1/2 浓度 Hoagland 营养液(pH5.7)一同浇灌。每 3 d 用等量 1/2 浓度 Hoagland 营养液(pH5.7)浇灌一次,保证盐浓度同土培。测定有关性状和生理指标,细胞膜透性和丙二醛(MDA)含量按张宪政^[9]方法进行。

2 结果与分析

2.1 不同培养基质高粱耐盐性比较

出苗率(调查出苗数,再用发芽率矫正,求得出苗率,下同)和出苗后 14 d 的成活率两个指标可以反映高粱幼苗的耐盐性。从表 1 可以看出,生长在不同基质(土培和砂培)上的高粱其耐盐性不同,土培耐盐性高于砂培,表明不同基质使盐分作用于根际周围的浓度不同,土壤颗粒及其组分阻抑了盐离子在根际的累积。说明同一品种播种在相同含盐量的不同土壤上,其表现的胁迫程度不同。另外,从表

表 1 0.4% (w) 盐胁迫砂培和土培条件下不同基因型高粱耐盐性的比较

Tab. 1 Comparisons of salt tolerance among sorghum seedlings of different genotypes through sand and soil culture under 0.4% (w) NaCl stress 天津 Tianjin, %

基因型	土培		砂培	
	出苗率	成活率	出苗率	成活率
天农青饲 1 号	71.13	88.12	33.34	45.23
天农青饲 2 号	75.45	89.44	36.78	52.29
沈农甜杂 2 号	33.12	67.76	12.91	45.34
6A/TS163	69.78	78.89	34.49	46.78

1 中还可以看出,不同基因型高粱其耐盐性不同,3 个高粱-苏丹草杂交种的耐盐性高于甜高粱杂交种,且 3 个高粱-苏丹草杂交种的耐盐性也明显不同,表明耐盐性有基因差异,这与前人的研究结果一致^[6,7]。

2.2 不同基因型高粱盐胁迫下幼苗生长状况比较

采用盆栽方法,选用不同基因型高粱在不同含盐量的土壤(人工配制)上进行播种。当土壤盐质量分数超过 0.3% 时,不同基因型高粱的出苗率和成活率表现出了显著的差异,当达到 0.4% 时,差异达极显著水平。表现出了基因型间耐盐性的差异。

改良苏丹草 TS185 和高粱-苏丹草杂交种天农青饲 2 号的出苗率均较高,表明在种子萌动、发芽、出苗期间均表现出了较强的耐盐性(表 2)。

试验结果显示,高粱幼苗在土壤盐质量分数为 0.3% 和 0.4% 时全部存活,但达到 0.5% 时,14 d 后不同基因型高粱幼苗有不同程度的死亡,其成活率见表 2。当盐分达到 0.6% 时,出苗 12 d 后各基因型幼苗全部死亡,表明苗期对盐分更敏感。这在田间试验的过程中也得到了证实。即在高盐分土壤上,经常出现幼苗死亡的现象。

表 2 0.5% (w) 盐胁迫下不同基因型高粱幼苗生长状况比较
Tab. 2 Comparisons of sorghum seedling growth state among various genotypes under 0.5% (w) salt stress

基因型	通辽 Tongliao, %		
	出苗率	成活率	相对株高
TS185(改良苏丹草)	81.25	81	84.16
天农青饲 2 号	85.50	70	76.24
6A(不育系)	76.75	40	73.76
6A/TS163	75.50	63	83.65
TS175(改良苏丹草)	65.00	36	75.59
TS163(改良苏丹草)	56.95	53	74.80
447(粒用高粱)	50.50	55	75.88

比较不同基因型高粱幼苗耐盐性指标可见,TS185 和天农青饲 2 号在出苗率和成活率 2 个指标上相对较高,而其他基因型高粱,则差异较大,进一步说明,高粱不同发育时期其耐盐性是不同的。一般而言,高粱拔节期以前的耐盐性相对拔节后弱,证明拔节前对盐分是最敏感的时期,提高这个时期的耐盐性是今后耐盐育种的主攻目标。从本研究结果看,这个时期的耐盐性,不同基因型间存在差异。

盐胁迫下不同基因型间幼苗相对生长速率也存在着明显的差异,有些基因型间差异达极显著水平。

对生长 21 d 幼苗的相对株高分析可知, TS185、6A/TS163 株高受盐分影响小, 与其他品种差异达极显著水平, 6A/TS163 受影响最大. 说明在幼苗生长期 TS185 和杂交种生长受抑制的程度相对较小, 也反映了不同基因型高粱的耐盐程度.

2.3 苗期耐盐性的杂种优势

4 个盐分处理(土培)幼苗生长状况平均结果(表 3)显示, 高粱-苏丹草杂交种的耐盐性存有杂种优势, 且中亲优势和超亲优势均较高, 组合间还存在差异. 由此说明, 耐盐性并不是一个质量性状, 通过改良可使耐盐性得到进一步提高. 也可以看出, 同一组合不同时期, 其耐盐性杂种优势并不相同. 这在以往的研究中所见报道不多. 说明用一个时期的某一个指标来衡量某一基因型的耐盐性是不全面的, 耐盐性应该是一个综合指标.

表 3 幼苗期耐盐性的平均杂种优势比较

Tab. 3 Comparisons of salt tolerance heterosis during seedling stage %

基因型	天农青饲 2 号		6A/TS163	
	中亲优势	超亲优势	中亲优势	超亲优势
出苗率	20.63	1.53	12.94	32.57
成活率	84.21	94.99	35.48	18.87
相对株高	2.10	0.86	12.61	0.86

为了进一步验证耐盐性的杂种优势, 又对不同基因型高粱进行砂基培养, 分析 5 个盐浓度处理(不含对照)下发芽率、成活率和相对株高的中亲优势平均值(表 4). 结果表明, 高粱-苏丹草杂交种耐盐性的杂种优势明显高于甜高粱杂交种, 不同的高粱-苏丹草杂交种间, 其杂种优势也存在差异.

综合以上 2 种培养基质的耐盐性比较结果可以证明, 高粱-苏丹草杂交种在苗期耐盐性具有较强的杂种优势, 且基因型间存在差异.

表 4 不同基因型高粱砂培幼苗期耐盐性的平均优势比较

Tab. 4 Comparisons of average heterosis of salt tolerance of sorghum seedlings among different genotypes under sand culture %

基因型	发芽率	成活率	相对株高
天农青饲 2 号	31.8	34.6	41.2
天农青饲 1 号	28.1	31.5	36.7
沈农甜杂 2 号	-29.2	-22.7	-19.8
6A/TS163	22.9	23.4	33.6

2.4 盐胁迫下相对电导率和丙二醛含量的杂种优势分析

已往的研究已证明, 耐盐性与基因型有关, 在生理上也表现出一系列的代谢反应. 其中, 受盐胁迫表现最突出的 2 个生理指标是相对电导率和膜脂过氧化. 从外渗溶液的相对电导率杂种优势的分析(表 5)中可以看出, 当盐分达到 0.4% 时, 6A/TS163、天农青饲 2 号和天农青饲 1 号表现出明显的负向优势, 说明杂交种在盐胁迫下质膜结构和功能受破坏较小, 也说明杂交种的耐盐性与该特性有关. 因此, 在育种中, 可将此特性作为选择耐盐品种的指标之一.

表 5 不同基因型高粱幼苗相对电导率杂种优势分析¹⁾

Tab. 5 Hybrid vigor of relative conductance rate of sorghum seedlings among different genotypes %

基因型	砂培	土培
6A/TS163	-12.54	-7.33
天农青饲 2 号	-10.74	-3.07
天农青饲 1 号	-11.33	-4.17
沈农甜杂 2 号	2.45	0.22

1) 表中数据为 $w(\text{盐}) = 0.4\%$ 时的试验结果

丙二醛(MDA)是膜脂氧化的最终产物之一. 大量研究表明, 植物在逆境胁迫下, 能产生大量自由基, 这些自由基有较强的氧化作用, 其危害之一是使膜脂过氧化, 严重地损伤植物细胞膜系统, 影响代谢过程, 同时有丙二醛产生. 表 6 中列出了 2 种基质下、2 种盐浓度胁迫下, MDA 含量的杂种优势值, 从中看出, 盐胁迫下基因型间 MDA 含量存在杂种优势差异, 反映了杂交种间膜脂抗氧化能力的不同.

表 6 不同基因型间 MDA 含量杂种优势比较

Tab. 6 Comparison of hybrid vigor of MDA content among different genotypes %

基因型	砂培		土培	
	$w(\text{盐})$	$w(\text{盐})$	$w(\text{盐})$	$w(\text{盐})$
	= 0.3%	= 0.4%	= 0.3%	= 0.4%
6A/TS163	-12.31	-21.43	-13.23	-23.21
天农青饲 2 号	-17.46	-20.12	-15.22	-24.33
天农青饲 1 号	-15.43	-19.57	-18.66	-30.22
沈农甜杂 2 号	-1.12	-2.38	-0.67	0.01

杂交种具有较低的 MDA 含量, 出现了负向杂种优势, 而且在土培和砂培中表现结果一致, 证明杂交种耐盐性与此特性也有关.

3 讨论

植物耐盐(NaCl)胁迫一是耐渗透胁迫, 二是有

特殊的代谢功能(不吸入或能排出)。高粱被认为是较耐盐的作物,其耐盐机理大体上被认为是上述二者皆有^[10,11],但基因型间存在差异。在高粱的整个生育期中,苗期的耐盐性最低,随着植物体的生长发育,其耐盐能力也会相应提高。有研究表明,到成株期可耐 7.6%(w)的盐浓度^[12]。那么,苗期耐盐性就成了高粱耐盐性的决定时期,幼苗的生长发育状况直接反映了耐盐的能力。从本研究所用试验材料苗期几个耐盐性指示指标得知,苏丹草的耐盐性较粒用高粱强,但所用试材存在一定局限性,有待今后用大量试材来证实。本研究所选的几个高粱-苏丹草杂交种,其耐盐性存在较强杂种优势,且在盐胁迫下,细胞膜透性和膜脂过氧化程度低。另外,从结果中也看出,耐盐性是一个综合性状。既有形态也有机能。因而控制该性状的基因就不可能是单基因,甚至不同时期的基因也不同,也可能存在一因多效现象,也可能某种基因与抗盐没有直接关系,只是建造了有利于抗盐的形态或机能,所以耐盐性存在杂种优势就是一种必然。

参考文献:

- [1] 赵可夫. 植物抗盐生理[M]. 北京:中国科学技术出版社,1993. 200-243.
- [2] 王宝山,邹琦,赵可夫. NaCl胁迫对高粱不同器官离子含量的影响[J]. 作物学报,2000,26(6):845-850.
- [3] 王宝山,邹琦. NaCl胁迫对高粱根、叶鞘和叶片液泡膜 ATP酶和焦磷酸酶活性的影响[J]. 植物生理学报,2000,26(3):181-183.
- [4] 苏金,朱汝财. 渗透胁迫调节的转基因表达对植物抗旱耐盐性的影响[J]. 植物学通报,2001,18(2):129-136.
- [5] TAYLOR R M, YOUNG E F, RIVERA R L. Salt tolerance in cultivars of grain sorghum[J]. Crop Sci, 1975,15:734-735.
- [6] 平俊爱,张福耀,程庆军,等. 高粱耐盐性的鉴定及应用[J]. 山西农业科学,1998,26(2):12-14.
- [7] YANG Y W, NEWTON R J, MILLER R. Salt tolerance in sorghum—I. Whole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense* [J]. Crop Sci, 1990,30(4):775-781.
- [8] 孙守钧,王云,郑根昌,等. 高粱-苏丹草杂交种的应用可行性研究及其选育[J]. 草业学报,1999,8(3):39-45.
- [9] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1992. 195-218.
- [10] GREENWAY H, MUNNS R. Mechanism of salt-tolerance in nonhalophytes[J]. Plants Physiol,1980,31:141-190.
- [11] FRANCOIS L E, DONOVAN T, MAAS E V. Salinity effects on seed yield, growth and germination of grain sorghum[J]. Agron J, 1984,76:741-744.
- [12] 乔魁多. 中国高粱栽培学[M]. 北京:农业出版社,1988. 399-450.

【责任编辑 李晓卉】