

文章编号: 1005-0906(2010)05-0014-05

玉米杂交种苗期耐盐碱筛选与大田鉴定的比较分析

张春宵^{1,2}, 袁英¹, 刘文国³, 李文华⁴,
王丹¹, 李万军⁵, 李晓辉¹

(1. 吉林省农业科学院生物技术研究中心, 长春 130033; 2. 东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030;
3. 吉林省农业科学院玉米研究所, 吉林 公主岭 136100; 4. 黑龙江省农委, 哈尔滨 150001;
5. 吉林省农业科学院洮南综合试验站, 吉林 洮南 137100)

摘要: 基于所确定的玉米苗期耐盐碱筛选最宜浓度和适宜的生理生化指标, 对 14 个吉林省主推玉米杂交种进行苗期盐碱耐性分析和大田鉴定。结果表明: 大田鉴定结果与苗期耐盐碱能力综合评价分级基本吻合; 苗期盐碱耐性弱的杂交种其大田减产明显, 其减产率最高为 44.12%, 最低为 17.39%, 证明鉴定方法与评价指标科学有效, 并可以初步筛选剔除一些苗期胁迫表现弱的材料; 对于苗期胁迫耐盐碱能力综合评价表现较强的杂交种, 其大田减产率变化幅度不大, 变化范围在 9.33%~11.76%, 具体品种是否适宜盐碱地种植需经进一步的大田鉴定。

关键词: 玉米; 杂交种; 盐碱胁迫; 大田鉴定

中图分类号: S513.037

文献标识码: A

Comparative Analysis Between Salt-alkali Tolerance in Seedling Stage and Production in the Field of Maize Hybrid

ZHANG Chun-xiao^{1,2}, LIU Wen-guo³, LI Wen-hua⁴, LI Wan-jun⁵, LI Xiao-hui¹, et al.

(1. *Center of Agri-Biotechnology, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033;*
2. *College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030;*
3. *Maize Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100;*
4. *Heilongjiang Agricultural Committee, Harbin 150001;*
5. *Taonan Research Center, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Taonan 137100, China*)

Abstract: The appropriate concentration and physiological and biochemical indices for salt-alkali tolerance screening in maize seedling were established. Based on those, both salt-alkali tolerance analysis in seedling and production measurement in field were carried out for fourteen maize hybrids, which were used predominantly in Jilin province. The main results were summarized that the rank of reduction percentage in field coincided with the salt-alkali tolerance grading in seedling. Production reduction for hybrids having weak salt-alkali tolerance in seedling was very obvious. The highest and lowest reduction percentage among hybrids reached 44.12% and 17.39%, respectively. Based on those results, the validity of the established screening system was verified and some hybrids having worse tolerance in seedling were abandoned. The variation range of reduction percentage between those hybrids had better resistance were not very obvious, which was 9.33% - 11.76%. Thus, which could be better adopted for the salt-alkali soil need further test in field.

Key words: Maize; Hybrid; Saline-alkali stress; Production in the field

收稿日期: 2010-01-21

基金项目: 农业部转基因重大专项“抗逆转基因玉米新品种培育”(2009ZX08003-018B)、吉林省农业科学院博士后基金

作者简介: 张春宵(1984-), 男, 山东东阿人, 在读硕士, 从事玉米耐盐碱机理研究。E-mail: chunxiao1000@126.com

李晓辉为本文通讯作者。

目前,人类受到人口剧增和耕地减少的双重影响,始终面临着粮食问题。因此,开发和利用盐碱地是人类的必然选择,而选育耐盐碱的农作物品种是最佳的可行途径^[1]。作物是否具有耐盐碱性,首先要对其盐碱耐性进行科学的鉴定和评价,而要对作物品种进行盐碱耐性鉴定,鉴定方法与评价指标是关键^[2]。

基于本课题组已确立的玉米苗期耐盐碱筛选最宜浓度和筛选适宜生理生化指标^[3],本研究对 14 个吉林省主推玉米杂交种同时进行苗期筛选和大田鉴定,并将二者鉴定结果进行比较分析,验证本课题组所确立的玉米苗期耐盐碱筛选鉴定方法与评价指标的有效性。

1 材料与方法

1.1 试验材料的培养与处理

表 1 14 个玉米杂交种
Table 1 Fourteen maize hybrids

编号 No.	杂交种 Hybrid	熟期 Maturity	编号 No.	杂交种 Hybrid	熟期 Maturity
1	吉单 261	晚熟	8	吉单 702	中晚熟
2	吉单 517	晚熟	9	四单 19	中熟
3	吉单 88	晚熟	10	吉单 35	中晚熟
4	吉单 137	晚熟	11	吉单 618	晚熟
5	吉单 198	中熟	12	吉单 536	中早熟
6	吉单 79	晚熟	13	吉单 602	晚熟
7	吉单 271	晚熟	14	郑单 958(CK)	中早熟

选取饱满度一致的玉米杂交种 14 个(表 1),分别种植于吉林省农业科学院公主岭院区试验地(黑土)和洮南综合试验站(盐碱土)。采用 2 行区,行长 5 m,行距 60 cm,每行 15 株,收获后计产。

同时选取相同的 14 个玉米杂交种,在实验室内

进行苗期耐盐碱筛选。用 0.1% 的 $HgCl_2$ 消毒 10 min,一批种子分别在浓度为 25 mmol/L 的 Na_2CO_3 溶液和浓度为 100 mmol/L 的 NaCl 溶液胁迫下进行种子萌发试验,采用清水作对照(CK),重复两次。每个胁迫条件用种 30 粒,萌发 7 d 后测定种子的发芽率;另取一批种子于光照培养箱内进行萌发,待种子萌发后将种子移植到装有细沙塑料钵中,于温室中培养。生长室的昼夜温度为 $(25 \pm 2)^\circ C / (20 \pm 2)^\circ C$,每天光照 12 h,光强为 2 500 ~ 3 000 lx,相对湿度 60% ~ 80%。待长出第 2 片真叶时,每盆保留 10 株生长一致的健壮幼苗。幼苗长至 3 叶 1 心时,分别用上述 2 个胁迫浓度的 Hoagland 溶液处理,对照为完全 Hoagland 培养液。每天以预定浓度的处理液浇灌,浇灌量为细沙持水量的 2 倍,从而将以前的积余盐冲洗掉,以保持各个处理液浓度的恒定。处理 7 d 后测定有关指标,每个处理重复两次。

1.2 分析方法

发芽率测定参照中华人民共和国国家标准(GB/T3543.4-1995)农作物种子检验规程发芽试验,以萌发出的幼芽达到粒长 1/2 为发芽标准;相对电导率测定参照薛应龙主编的《植物学实验手册》^[4];SOD、MDA、Pro 测定参照郝再彬主编的《植物生理实验技术》^[5]。数据处理采用 Excell 软件,统计分析采用 DPS 软件,参照沈振荣^[6]方法。小区玉米产量进行实测(折含水量 14%)。

2 结果与分析

2.1 玉米杂交种生理生化指标的统计分析

由表 2 可知,14 个玉米杂交种的生理生化指标在不同处理下的平均值、极值、标准差、变异系数均存在较大的变异。在相同胁迫条件下不同杂交种之间也存在较大的差异,其盐碱耐性不同,最终影响玉米产量不同。

表 2 玉米杂交种生理生化指标的统计分析

Table 2 The statistic analysis of physiological and biochemical indices of maize hybrid

生理生化指标 Physiological and biochemical indices	处理 Treatment	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Average	标准差 Standard deviation	变异系数(%) CV
发芽率(%)	CK	38.00	98.00	79.50	18.46	23.22
	碱胁迫	20.00	90.00	54.07	20.51	37.93
	盐胁迫	22.00	70.00	51.71	17.32	33.50
相对电导率(%)	CK	0.60	6.60	2.60	1.89	72.80
	碱胁迫	2.00	24.30	6.52	6.01	92.09
	盐胁迫	2.00	11.80	4.79	3.10	64.80
SOD 活性[U/(g·FW)]	CK	11.61	62.14	33.51	12.82	38.26

续表 2 Continued 2

生理生化指标 Physiological and biochemical indices	处 理 Treatment	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Average	标准差 Standard deviation	变异系数(%) CV
SOD 活性[U/(g·FW)]	碱胁迫	40.90	109.55	65.19	18.52	28.41
	盐胁迫	37.36	106.41	68.50	21.85	31.90
MDA 含量[μmol/(g·FW)]	CK	0.02	0.05	0.03	0.01	23.14
	碱胁迫	0.03	0.07	0.04	0.01	22.62
	盐胁迫	0.03	0.06	0.05	0.01	22.43
Pro 含量[μg/(g·FW)]	CK	1.10	13.15	6.19	3.68	59.43
	碱胁迫	2.00	14.13	8.07	4.50	55.79
	盐胁迫	1.60	15.26	7.94	4.17	52.52

表 3 不同胁迫处理间 14 个玉米杂交种各指标平均数的新复极差测验

Table 3 The Duncan's test of the average of 14 maize hybrids for each index between different stress treatments

处 理 Treatment	发芽率(%) Germination percentage	相对电导率(%) Relative conductivity	SOD 活性[U/(g·FW)] SOD activity	MDA 含量[μmol/(g·FW)] MDA content	Pro 含量[μg/(g·FW)] Proline content
CK	79.5 a A	2.60 a A	33.50 a A	0.032 a A	6.18 a A
碱胁迫	54.3 b B	6.52 c C	65.18 b B	0.043 b B	8.06 b B
盐胁迫	51.7 b B	4.78 b B	68.49 b B	0.046 b B	7.93 b B

注:表中英文字母表示同列方差分析;小写表示 0.05 水平显著;大写表示 0.01 水平显著。下同。

Note: Different letters indicated variance analysis of the same line, the small setters showed at 0.05 level, the capital setters showed at 0.01 level.

The same as the following tables.

由表 3 可知,受到盐碱胁迫时种子发芽率的平均值达到 50%左右,与对照组差异显著。 Na_2CO_3 溶液 25 mmol/L 和 NaCl 溶液 100 mmol/L 是耐盐碱玉米种子筛选的适宜浓度。本试验所选取的 5 个指标

在对照组与胁迫组之间差异均达到显著,显示出玉米对盐碱胁迫非常敏感,盐碱胁迫从多方面抑制玉米生长。

2.2 不同品种玉米杂交种耐盐碱性比较

表 4 杂交种间各指标 3 个处理平均数的新复极差测验

Table 4 The Duncan's test of the average of three treatments for each index among hybrids

编 号 No.	发芽率(%) Germination percentage	相对电导率(%) Relative conductivity	SOD 活性[U/(g·FW)] SOD activity	MDA 含量[μmol/(g·FW)] MDA content	Pro 含量[μg/(g·FW)] Proline content
14(CK)	81 a A	1.57 a A	40.76 de BC	0.042 2 c AB	14.16 a A
12	76 ab A	7.27 d D	48.29 cde BC	0.045 3 c AB	11.22 b ABC
8	74 ab A	3.07 abc AB	37.04 e C	0.040 7 b AB	4.69 e DEF
10	74 ab A	2.24 ab AB	56.82 bcde ABC	0.056 7 c B	11.57 ab ABC
11	73 ab A	2.36 ab AB	65.79 abcd ABC	0.043 1 c AB	8.28 cd CD
7	72 ab A	4.30 c BC	41.44 de BC	0.037 3 b AB	5.69 de DE
6	71 abc A	7.91 d DE	74.28 ab AB	0.033 3 b A	5.00 e DEF
13	63 abc A	6.83 d D	60.85 abcde ABC	0.038 7 b AB	9.93 bc BC
9	60 abc AB	2.64 abc AB	65.67 abcd ABC	0.0362 b AB	12.46 ab AB
4	56 bc AB	9.86 e E	83.93 a A	0.028 7 a A	1.63 f F
1	53 bc AB	6.50 d CD	49.90 bcde ABC	0.040 0 b AB	5.83 de DE
5	46 cd AB	3.47 abc AB	49.90 bcde BC	0.038 7 b AB	1.83 f EF
2	46 cd AB	4.07 bc AB	68.45 abc ABC	0.044 3 c AB	5.50 de DEF
3	28 d B	2.84 abc AB	37.05 e C	0.036 0 b AB	5.73 de DE

由表 4 可知,各指标下材料间均存在明显差异,表明 5 个指标均能客观地反映不同玉米杂交种的盐

碱耐性。然而,鉴于不同指标盐碱耐性评价标准不同,为了能够更加准确地评价不同玉米品种盐碱耐

性,本研究采用多指标的综合评价方法。

2.3 玉米杂交种盐碱耐性综合评价

参照沈振荣等^[9]的方法,对 5 个指标进行标准化。发芽率、相对电导率、SOD 活性、MDA 含量、Pro 含量都以新复极差分析结果为依据, a=1, b=2, c=3 依次类推,对各杂交种盐碱耐性进行排序。因此,总

分高的耐盐性弱,总分低的耐盐性强。综合评价结果表明(表 5),玉米对盐碱胁迫十分敏感,其综合评价平均值的范围为 3.2~6.6。因此,本研究将包括对照品种在内的 14 个玉米杂交种盐碱耐性由强到弱分为极强(2.2~2.8)、强(3.0~3.2)、中(3.4~3.6)、弱(3.6~4.0)共 4 个级别。

表 5 玉米杂交种苗期盐碱耐性综合评价

Table 5 The comprehensive evaluation on salt-alkali tolerance of hybrids in maize seedling

编号 No.	发芽率 Germination percentage	相对电导率 Relativ conductivity	SOD 活性 SOD activity	MDA 含量 MDA content	Pro 含量 Proline content	平均值 Average	综合评价 Comprehensive evaluation
14	1	1	5	3	1	2.2	极强
10	2	2	5	3	2	2.8	极强
9	3	3	4	2	2	2.8	极强
11	2	2	4	3	4	3.0	强
12	2	4	5	3	2	3.2	强
6	3	4	2	2	5	3.2	强
4	3	5	1	1	6	3.2	强
8	2	3	5	2	5	3.4	中
7	2	3	5	2	5	3.4	中
13	3	4	5	2	3	3.4	中
2	4	3	3	3	5	3.6	中
1	3	4	5	2	5	3.8	弱
3	4	3	5	2	5	3.8	弱
5	4	3	5	2	6	4.0	弱

2.4 玉米杂交种大田测产结果与苗期耐盐碱性比较

由表 6 可知,各杂交种在洮南和公主岭两点的产量均不相同并存在明显差异,说明洮南试验地由于盐碱胁迫对各杂交种的产量形成均造成一定影响。对苗期盐碱耐性分析结果和大田测产结果比较

分析表明,苗期耐盐碱能力综合评价分级与大田鉴定结果基本吻合,即苗期盐碱耐性弱的杂交种其大田减产明显;对于苗期胁迫耐盐碱能力综合评价表现中或强的杂交种,是否更适宜于盐碱土种植需经进一步的大田鉴定。

表 6 玉米杂交种大田测产结果与苗期盐碱耐性比较

Table 6 The comparison between field production and salt-alkali tolerance in seedling stage

编号 No.	大田产量 The production in the field				苗期胁迫 Seedling tolerance	
	洮南(kg/hm ²) Taonan	公主岭(kg/hm ²) Gongzhuling	减产(kg/hm ²) Reduction of production	减产(%) Reduction percentage	盐碱耐性排序 Salt-alkali tolerance rank	综合评价 Comprehensive evaluation
14	12 900	14 190	1 290	9.09	1	极强
9	12 281	13 515	1 234	9.13	3	极强
10	9 966	10 977	1 011	9.21	2	极强
12	12 281	13 545	1 264	9.33	5	强
11	12 846	14 190	1 344	9.47	4	强
6	12 255	13 545	1 290	9.52	6	强
4	18 060	19 995	1 935	9.68	7	强
8	13 951	15 480	1 529	9.88	8	中
2	11 610	12 900	1 290	10.00	11	中
7	14 835	16 770	1 935	11.54	9	中
13	9 675	10 965	1 290	11.76	10	中
5	12 255	14 835	2 580	17.39	14	弱
1	11 610	14 190	2 580	18.18	12	弱
3	12 255	21 930	9 675	44.12	13	弱

3 结论与讨论

关于玉米耐盐碱筛选浓度的确定,前人给出了一些相关浓度。汤华等^[7]指出,100~120 mmol/L的NaCl浓度是一个临界下限值,盐胁迫实验中NaCl浓度必须大于或等于这个值,性状的表现才能与对照处理有显著性的差异。张宝泽等^[8]对盐碱胁迫下的高粱生长分析中指出,50、100、150 mmol/L的NaCl和Na₂CO₃溶液对高粱的生长均有显著的抑制作用。在受到盐碱胁迫时,相关的生理生化指标与对照之间存在一定的相关性^[9~12]。

从苗期筛选试验看,在浓度为25 mmol/L的Na₂CO₃溶液和100 mmol/L的NaCl溶液胁迫下,种子发芽率、叶片相对电导率、SOD活性、MDA含量、Pro含量与对照组差异均达到显著,通过综合分析的方法可以比较出种子之间的耐盐碱性。

从苗期胁迫筛选鉴定结果与大田测产后计算的相对减产率比较,苗期耐盐碱能力综合评价分级与大田鉴定结果基本吻合。尽管基于相对减产率的排序与苗期胁迫盐碱耐性排序不完全一致,但基于相对减产率的排序与耐盐碱综合评价分级基本吻合。苗期盐碱耐性弱的杂交种其大田减产明显,其减产率变化范围在17.39%~44.12%,从而证明所确立的鉴定方法与评价指标的有效性,并可以初步筛选剔除一些苗期胁迫表现弱的杂交种。对于苗期胁迫耐

盐碱能力综合评价表现中或强的杂交种,其大田减产率变化幅度不大,变化范围在9.33%~11.76%,具体品种更适宜于盐碱地种植需经进一步的大田鉴定。

参考文献:

- [1] 陈复,郝吉明,唐华俊.中国人口资源环境与可持续发展战略研究(第3卷)[M].北京:中国环境科学出版社,2000.
- [2] 翁跃进.作物耐盐品种及其栽培技术[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [3] 张春宵,刘晓鑫,郝东云,等.玉米杂交种郑单958及其双亲自交系耐盐碱性分析[J].玉米科学,2009,17(6):39-44.
- [4] 薛应龙.植物学实验手册[M].上海科学技术出版社,1985.
- [5] 郝再彬,苍晶,徐仲.植物生理实验技术[M].哈尔滨:黑龙江出版社,2002.
- [6] 沈振荣,杨万仁,徐秀梅.不同盐分胁迫对苜蓿种子萌发的影响[J].种子,2006,25(4):34-37.
- [7] 汤华,柳晓磊,罗秋芸.玉米耐盐早期筛选体系的初步研究[J].海南大学学报(自然科学版),2007,25(6):169-172.
- [8] 张宝泽,赵可夫.盐(NaCl)和碱(Na₂CO₃)对高粱幼苗生长效应的比较研究[J].垦殖与稻作,1996(1):35-36.
- [9] 曲元刚,赵可夫.NaCl和Na₂CO₃对玉米生长和生理胁迫效应的比较研究[J].作物学报,2004,30(4):334-341.
- [10] 徐立华,阴卫军,周柱华,等.细胞工程技术培育玉米耐盐自交系[J].作物杂志,2006(4):26-28.
- [11] 时冉冉.混合盐碱胁迫对玉米种子萌发的影响[J].衡水学院学报,2007,9(3):13-15.
- [12] 王宁,曹敏建,于佳林.NaCl胁迫对玉米幼苗有机渗透调节物质的影响[J].玉米科学,2009,17(4):61-65,69.

(责任编辑:朴红梅)