

高粱材料耐盐性综合评价方法的初步建立与验证

崔江慧¹, 谢登磊², 常金华²

(¹河北农业大学资源与环境科学学院, 保定 071000; ²河北农业大学农学院, 保定 071000)

摘要: 用 0、0.2%、0.4%、0.6%、0.8% 5 个浓度的 NaCl 溶液对 10 份高粱材料进行处理, 测定了发芽盐害率、芽高盐害率、侧根数盐害率、根长盐害率、1/2 叶片萎蔫持续时间和整个叶片萎蔫持续时间 6 项指标。以发芽期和苗期的各项指标为基础, 根据每个指标盐害率制定各指标的得分方法, 最后通过各个材料的得分判断其耐盐性, 建立了一套高粱材料的耐盐评价标准。以此标准对 10 份高粱材料的耐盐性进行评价, 排列出这 10 份高粱材料的耐盐次序, 将高粱材料划分为 4 个耐盐等级。从这 10 份高粱材料中随机挑选 5 份耐盐性不同的材料通过盆栽试验对其耐盐性进行鉴定, 以检验该评价方法的可靠性。结果表明: 盆栽试验的鉴定结果与按照耐盐评分标准得出的结果一致, 由此确定此评价方法运用于筛选高粱材料的耐盐性是准确、可靠的。同时在这 10 份高粱材料中筛选出了耐盐性较强的高粱材料河农 1 号和能饲 1 号。

关键词: 高粱; NaCl 胁迫; 耐盐性; 评价; 验证

Establishment and Verification of Comprehensive Evaluation Method for Salt Tolerance of Sorghum Materials

CUI Jiang-hui¹, XIE Deng-lei², CHANG Jin-hua²

(¹ College of Resources and Environment Science, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000;

² College of Agriculture, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000)

Abstract: 10 sorghum strains germinated under 0, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% NaCl solution stress, the salt injury was evaluated with the salt injury rate of germination, root length, the number of lateral roots, the duration of 1/2 leaf wilting and the entire leaf wilting. Based on the changes of the above six indicators, the system of each index score for each indicator were developed. The salt tolerance of each sorghum strain was evaluated according to the total scores based on each indicator. A set salt-tolerant evaluation criteria was developed to evaluate salt tolerance. According to the degree of salt tolerance, these strains were divided into four levels. Five materials with different salt-tolerance from the ten sorghum strains were chosen to identify the salt tolerance with planting in saline soils contain 0.5% and 0.7% salt respectively in pots to verify the criteria. The results showed that the evaluation criteria was consistent with the test in pot, which confirmed the evaluation method used in the screening tolerant sorghum are reliable. Two high salt-tolerance sorghum strains, HN-1 and NS-1 were screened with this method.

Key words: Sorghum; Sodium chloride stress; Salt tolerance; Evaluation; Verification

土壤盐碱化是世界各地普遍存在的问题, 并且有逐年加重的趋势。世界约有 20% 的耕地出现不同程度的盐渍化, 严重影响着农业生产^[1]。我国约

有 $2 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 盐荒地和 $7 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 盐渍化土壤, 约占全国可耕地面积的 25%^[2]。在人口不断增加、耕地日趋减少的情况下, 盐碱环境对粮食生产的制约和

收稿日期: 2011-06-19 修回日期: 2011-11-13

基金项目: 国家科技支撑计划子课题(2009BADA3B01)

作者简介: 崔江慧, 硕士, 助教, 主要从事作物遗传育种研究工作。E-mail: cjianghui521@126.com

通讯作者: 常金华, 博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事作物遗传育种研究工作。E-mail: jhchang2006@126.com

水资源有效利用成为国内外当前研究的焦点^[3]。抗盐研究在多种作物中均有报道^[4-6]。驯化种植有价值的盐生作物和耐盐作物是最为经济有效的途径^[7]。

高粱 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] 是世界五大作物之一,具有较强的耐盐、耐旱性,广泛种植于干旱、半干旱地区^[8]。根据中国统计局统计,2009 年中国高粱面积 555236hm²,种质资源非常丰富^[9],运用高粱独特的耐盐能力开发利用盐碱地,是增加我国粮食产量和提高地区经济收入的有效措施。目前,高粱的耐盐研究主要集中在盐胁迫下的生理生化指标变化方面^[10-11]。王秀玲等^[12]对甜高粱材料做过耐盐相关研究,李志华^[13]对辽杂系列耐盐性做了比较,在当前诸多的研究中对高粱耐盐性综合评价研究较少。本试验选择 10 份不同高粱材料作为研究对象,参考陆平^[14]编著的《高粱种质资源描述规范和数据标准》,通过比较在不同浓度盐胁迫下各材料的发芽率、根长、苗高、侧根数、叶片萎蔫情况的变化,综合分析多项指标制定一套系统的耐盐评价标准,以此标准对各材料进行耐盐筛选,确定耐盐级别,并通过盐土盆栽实验对筛选结果进行鉴定,确定了耐盐鉴定方法的准确性,旨在建立一套综合评价高粱耐盐性的可靠方法。

1 材料与方法

1.1 材料

供试高粱材料 10 份,其中河农 16 是河北农业大学选育品种,四丽美是河北农业大学选育的甜高粱品系,河农 1 号(杂交种,母本为 623A,父本为农家甜高粱品种)由河北农业大学育种中心配制,623B 由河北农业大学提供,辽杂 10 号、辽杂 11 号由辽宁省农科院提供,2 号、3 号、4 号、能饲 1 号由河北农科院提供。供试的 NaCl 试剂为分析纯。

1.2 方法

1.2.1 发芽期耐盐性鉴定 设 NaCl 浓度 0 (CK)、0.2%、0.4%、0.6%、0.8% 5 个处理,挑选饱满无缺陷的种子,70% 的乙醇灭菌 1min,分别用 5 个处理的 NaCl 溶液浸种催芽 24h,转移至铺有滤纸(NaCl 溶液浸湿)的培养皿中进行发芽,发芽温度为 25 ± 1℃。每天定时观察、补蒸馏水,3d 后结束发芽,每个处理设置 3 次重复,每重复为 40 粒种子。记录种子发芽率、幼胚一级侧根数、主根长和苗高,计算出各个品种(系)的各项指标。

发芽盐害率(%) = (对照发芽率 - 处理发芽

率) / 对照发芽率 × 100

芽高盐害率(%) = (对照芽高 - 处理芽高) / 对照芽高 × 100

根长盐害率(%) = (对照根长 - 处理根长) / 对照根长 × 100

侧根数盐害率(%) = (对照侧根数 - 处理侧根数) / 对照侧根数 × 100^[15]

各指标盐害率达到 50% 为半致死盐害率,以此来表示不同 NaCl 浓度处理后的受害情况。

1.2.2 苗期耐盐性鉴定 高粱种子经 70% 乙醇消毒 1 min 后,浸种催芽,将出芽整齐的种子播于蛭石中,光照室中常规育苗,待幼苗长至二叶一心时进行盐处理。将生长整齐一致的幼苗移至 NaCl 溶液中,设 NaCl 浓度 0 (CK)、0.2%、0.4%、0.6%、0.8% 共 5 个处理,根据叶片受害症状明显程度,选用最大浓度 0.8% 的 NaCl 浓度处理。观察、记录各品种第二片叶出现一半萎蔫和出现全部萎蔫时的处理时间,重复 3 次。

1.2.3 耐盐性评价方法 参考王广印等^[16]的黄瓜种子耐盐综合评价法,进一步细化和改进具体指标的打分标准,根据每个材料在不同盐浓度胁迫下的各个指标相对盐害率值的大小和盐胁迫下叶片出现萎蔫时间的长短进行评分,更客观地表现高粱材料的耐盐性。(1) 发芽期各个指标耐盐性评价标准采用参考 0.8% 和 0.6% 两个浓度下的盐害率数值进行打分:各材料在盐胁迫下的得分 = (0.8% 盐浓度下指标的盐害率 × 0.8 + 0.6% 盐浓度下指标的盐害率 × 0.2)。(2) 苗期各个指标耐盐性评价标准采用萎蔫持续的相对时间长短进行打分:各高粱材料全部叶片萎蔫情况的得分 = (所有高粱材料全部叶片萎蔫持续时间的平均数 - 各高粱材料全部叶片萎蔫持续时间) / 所有材料全部叶片萎蔫持续时间的平均数;各高粱材料 1/2 叶片萎蔫情况得分 = (所有高粱材料 1/2 叶片萎蔫持续时间平均数 - 各高粱材料 1/2 叶片萎蔫持续时间) / 所有高粱材料 1/2 叶片萎蔫持续时间平均数;各高粱材料叶片萎蔫情况的得分 = 各高粱材料全部叶片萎蔫情况的得分 × 0.8 + 各高粱材料 1/2 叶片萎蔫情况得分 × 0.2。(3) 综合各项指标,按照公式计算出每个高粱材料的最后耐盐得分值,以此来判断高粱材料的耐盐性;高粱材料耐盐性总得分 = 发芽盐害率得分值 + 芽高盐害率得分值 + 侧根数盐害率得分值 + 根长盐害率得分值 + 叶片萎蔫持续时间得分值;最后根据得分值对高粱材料进行排序,筛选出耐盐性较强的高粱材料。

1.2.4 盐土盆栽对不同高粱材料耐盐性的验证

从沧州盐碱地取土,用电导法测定盐土土壤盐分含量,按照比例混合盐土和当地农田用土(当地农田土壤盐分含量 $\leq 0.05\%$),设定3个盐分含量不同的盆栽处理,以当地农田用土的盆栽为对照,配置盐分含量分别为0.5%和0.7%的盆栽用土,进行盆栽试验。选择饱满无缺陷的种子,每个材料每盆播种40粒,日常管理,重复3次。两叶一心期和三叶一心期分别统计各高粱材料的出苗情况,检验通过耐盐性综合评价方法筛选出的耐盐材料的耐盐能力。

1.3 数据分析

用 Excel 2003 和运用 DPS 软件进行数据的统计分析。

2 结果与分析

2.1 发芽期的耐盐性鉴定

2.1.1 盐胁迫对发芽率的影响 不同盐浓度胁迫下,10份高粱材料的发芽盐害率见表1。随着盐浓度升高,发芽盐害率升高。低盐浓度下,材料间发芽盐害率差异较小,高盐浓度下差异变大。其中,能饲1号在0.8%盐浓度下发芽盐害率较低,发芽盐害率与其他材料差异显著,对盐分胁迫的耐受能力强,并且在0.2%盐浓度下发芽盐害率为负增长,说明低盐浓度下更有利于此材料的发芽;河农1号、623B、辽杂11号、4号发芽盐害率居中,对盐分胁迫的耐受能力中等;河农16、辽杂10号、3号发芽盐害率高于其他品种,对盐分胁迫的耐受能力弱;四丽美、2号在0.8%盐浓度胁迫下,发芽盐害率高于90%,受害严重,对盐分胁迫的耐受能力很弱。

2.1.2 盐胁迫对芽高的影响 在较低盐浓度下,10份高粱材料中有7个品种芽高盐害率出现负值(表2),这些品种的芽苗在低盐浓度下生长速度比对照快,表现出对低盐浓度的适应性。在0.6%和0.8%盐浓度下,同一材料的芽高盐害率趋势表现不一致,呈现出各材料在较高盐浓度胁迫下芽高的不同敏感程度。其中在0.8%盐浓度下,辽杂10号、四丽美芽高盐害率较低,显著低于其他材料,对盐分胁迫的耐受能力强;623B、3号、4号、辽杂11号居中,对盐分胁迫的耐受能力中等;河农16、河农1号、2号、能饲1号在较高盐浓度时,芽高盐害率显著增加,芽苗生长受盐胁迫较为严重,对盐分胁迫的耐受能力弱。

表1 不同浓度盐胁迫下高粱种子发芽盐害率变化

Table 1 Change on the salt injury rate of germination of sorghum seed under difference NaCl stresses

材料 Materials	NaCl 浓度(%) NaCl concentration			
	0.2	0.4	0.6	0.8
四丽美	10.00bed	50.00ab	75.00a	95.00a
河农16	32.46a	34.55c	47.12b	60.73bc
623B	3.83cde	21.28c	34.47b	53.19bc
河农1号	-6.90e	20.69c	27.59bc	43.10cd
辽杂10号	11.86bed	23.73c	42.37bc	61.02bc
辽杂11号	11.02bed	26.53c	40.82bcd	58.20bc
能饲1号	-0.27de	13.46d	24.45d	28.57d
2号	21.43ab	60.71a	64.29a	96.43a
3号	23.53ab	50.00ab	64.71a	73.53b
4号	17.14bc	34.29bc	48.57b	54.29bc
变异系数 (%) CV	94.76	46.06	35.51	33.93

同列中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$, Duncan 法),下同

Means with different small letters are significantly different at the 0.05 level, the same as below

表2 不同浓度盐胁迫下高粱种子芽高盐害率变化

Table 2 Change on the shoot height salt injury rate of sorghum seed under difference NaCl stresses

材料 Materials	NaCl 浓度(%) NaCl concentration			
	0.2	0.4	0.6	0.8
四丽美	-7.79a	4.86bcd	33.2bcd	36.16e
河农16	11.95a	37.47a	56.64a	61.01abcd
623B	-13.70a	8.88bcd	29.82cd	55.03cd
河农1号	4.99a	17.74abc	36.52bcd	66.44ab
辽杂10号	-77.63c	-32.25e	37.16bcd	39.28e
辽杂11号	-27.36b	-37.17e	15.86d	58.49bcd
能饲1号	-46.43b	-10.56cde	31.14bcd	71.76a
2号	-6.65a	2.73bcd	20.84d	66.25abc
3号	-31.03b	-18.69de	42.75abc	52.38d
4号	-0.52a	23.72ab	44.56ab	58.98bcd
变异系数 (%) CV	215.93	314.19	26.25	15.47

2.1.3 盐胁迫对侧根数的影响 10个高粱材料侧根数盐害率在低盐浓度下均为负值(表2),低盐胁迫下芽苗的一级侧根数比对照处理数量更多,说明高粱的侧根生长对低浓度盐分处理具有较强的适应性。各材料在较高盐浓度下,侧根数盐害率变化幅度较大,其中河农16、2号、辽杂10号、能饲1号、623B在0.8%盐浓度下侧根数盐害率为100%,侧根生长受到严重抑制,对盐分胁迫的耐受能力很弱;辽杂11号、3号侧根数盐害率显著低于其他材料,

对盐分胁迫的耐受能力弱;四丽美、河农 1 号、4 号侧根数盐害率较高,与侧根数盐害率为 100% 的材料差异不显著,对盐分胁迫的耐受能力也很弱。

2.1.4 盐胁迫对根长的影响 根长盐害率表现出与侧根数盐害率相似的情况,在低盐浓度下均为负值(表 3 和表 4)。在 0.6% 和 0.8% 较高盐浓度下,10 份高粱材料根长盐害率与芽高盐害率表现相似,各材料根长生长对高盐胁迫耐受程度不一。其中在 0.8% 盐浓度下,辽杂 10 号、河农 1 号、四丽美、河农 16、623B 根长盐害率显著低于其他材料,各材料发芽期主根生长对盐胁迫适应性强;3 号、4 号次之,对盐分胁迫的耐受能力中等;能饲 1 号、2 号、辽杂 11 号表现最差,对盐分胁迫的耐受能力弱。

表 3 不同浓度盐胁迫下高粱种子侧根数盐害率变化

Table 3 Change on the salt injury rate of lateral roots of sorghum seed under difference NaCl stresses

材料 Materials	NaCl 浓度(%) NaCl concentration			
	0.2	0.4	0.6	0.8
四丽美	-3.60a	4.90a	46.76abc	92.49a
河农 16	-67.16ab	13.73a	22.35cde	100.00a
623B	-83.43abc	-32.44a	0.76e	100.00a
河农 1 号	-61.92ab	-36.14a	39.08abc	94.76a
辽杂 10 号	-225.00e	-48.16a	56.25ab	100.00a
辽杂 11 号	-146.30cd	-180.00b	3.98de	78.17b
能饲 1 号	-95.92bcd	-47.32a	24.68bcd	100.00a
2 号	-16.67ab	-13.64a	5.30de	100.00a
3 号	-180.13de	-160.54b	26.92abcd	65.20c
4 号	-23.31ab	22.15a	58.27a	90.40ab
变异系数 (%) CV	81.00	142.22	85.04	12.74

表 4 不同浓度盐胁迫下高粱种子根长盐害率变化

Table 4 Change on the salt injury rate of root length of sorghum seed under difference NaCl stresses

材料 Materials	NaCl 浓度(%) NaCl concentration			
	0.2	0.4	0.6	0.8
四丽美	-20.76c	-3.10d	23.10bc	36.20d
河农 16	3.80a	16.43abc	26.22bc	33.02d
623B	-8.72abc	1.11bcd	17.23c	39.51cd
河农 1 号	-1.45ab	5.83bcd	19.62bc	36.67d
辽杂 10 号	-51.55d	-30.20e	17.59c	28.14d
辽杂 11 号	-15.17bc	33.85a	50.27a	79.17a
能饲 1 号	-7.86abc	2.89bcd	23.60bc	67.45ab
2 号	-9.20abc	16.00abc	21.22bc	66.11ab
3 号	-11.96abc	-1.89cd	24.57bc	44.48cd
4 号	-17.47bc	20.10ab	29.47b	57.00bc
变异系数 (%) CV	103.75	255.43	41.05	35.13

2.2 幼苗期不同高粱材料耐盐性鉴定

由表 5 可知,各个高粱材料自胁迫开始到 1/2 叶片萎蔫症状出现的时间变化区间为 2.28 ~ 8.65h,变异系数为 44.8%。能饲 1 号、2 号、河农 1 号、3 号对盐胁迫不敏感,1/2 叶片萎蔫持续时间显著长于其他材料,表现出很强的耐盐性,辽杂 10 号、四丽美、河农 16、623B 在胁迫处理 2 ~ 3h 出现症状,表现较为敏感,对盐分胁迫的耐受能力很弱。

各个高粱材料自胁迫开始到整个叶片全部萎蔫的时间变化区间为 20.91 ~ 33.54h,变异系数为 15.9%。能饲 1 号、河农 1 号、四丽美整个叶片全部萎蔫持续时间与其他 7 个材料差异显著,其中能饲 1 号、河农 1 号叶片全部萎蔫的时间都超过了 30h,对盐胁迫反应极不敏感,对盐分胁迫的耐受能力很强;辽杂 10 号、河农 16 幼苗叶片在盐胁迫后期萎蔫速度较快,对盐分胁迫的耐受能力很弱。

表 5 0.8% 盐浓度下不同高粱材料叶片萎蔫持续时间

Table 5 The duration of leaf wilting of different sorghum materials under 0.8% NaCl stress

材料 Material	1/2 叶片萎蔫 持续时间(h) Duration of 1 / 2 leaf wilting	整个叶片萎蔫 持续时间(h) Duration of entire leaf wilting
四丽美	2.83 ± 0.09d	28.80 ± 0.13ab
河农 16	2.28 ± 0.02d	21.75 ± 0.06e
623B	3.13 ± 0.14d	23.50 ± 0.11cde
河农 1 号	7.37 ± 0.07ab	30.92 ± 0.08ab
辽杂 10 号	2.95 ± 0.09d	20.91 ± 0.10e
辽杂 11 号	4.95 ± 0.08bcd	27.63 ± 0.10bc
能饲 1 号	8.95 ± 0.13a	33.54 ± 0.12a
2 号	7.83 ± 0.09a	22.00 ± 0.14de
3 号	6.67 ± 0.09abc	27.00 ± 0.08bcd
4 号	4.38 ± 0.08cd	22.79 ± 0.07cde
变异系数(%) CV	44.80	15.90

2.3 不同高粱材料耐盐性综合评价

综合发芽盐害率、芽高盐害率、侧根数盐害率、根长盐害率、1/2 叶片萎蔫持续时间和整个叶片萎蔫持续时间 6 项指标,按照耐盐性评价方法的打分标准对 10 份高粱材料做了耐盐性综合分析:对各项指标分别进行评分,并把各指标的分数进行累加及排名(表 6),得出供试 10 个高粱品种的耐盐性依次是河农 1 号 > 能饲 1 号 > 3 号 > 623B > 辽杂 11 号 > 辽杂 10 号 > 四丽美 > 4 号 > 河农 16 > 2 号。根据各个品种的得分情况对这

10 个品种进行耐盐性分级,分为 4 级: I 级为高耐盐材料,得分 < 2.00; II 级为耐盐材料,得分 2.00 ~ 2.25; III 级为中耐盐材料,得分 2.26 ~ 2.5; IV 级为敏感材料,得分 > 2.5。其中河农 1 号、能饲 1

号为高耐盐材料; 3 号为耐盐材料; 辽杂 11 号、623B、辽杂 10 号、四丽美、4 号、河农 16 为中耐盐材料; 2 号为敏感材料。

表 6 不同高粱材料各指标得分情况

Table 6 Scores of each indicators in different sorghum materials

材料 Material	各指标得分情况 Scores of each indicators						总得分 Total score	排名 Ranking
	发芽 盐害率	芽高 盐害率	侧根数 盐害率	根长 盐害率	1/2 叶片萎蔫 持续时间	整个叶片萎蔫 持续时间		
	SIROGA	SSIR	SIROLR	SIRORL	DOHLW	DOELW		
四丽美	0.91	0.36	0.83	0.34	0.45	-0.11	2.43	7
河农 16	0.58	0.60	0.84	0.32	0.55	0.16	2.58	9
623B	0.49	0.50	0.80	0.35	0.41	0.09	2.30	4
河农 1 号	0.40	0.60	0.84	0.33	-0.44	-0.19	1.93	1
辽杂 10 号	0.57	0.39	0.91	0.26	0.42	0.19	2.37	6
辽杂 11 号	0.55	0.50	0.63	0.68	0.03	-0.07	2.31	5
能饲 1 号	0.28	0.64	0.85	0.59	-0.75	-0.30	1.96	2
2 号	0.90	0.57	0.81	0.57	-0.53	0.15	2.87	10
3 号	0.72	0.50	0.58	0.40	-0.30	-0.04	2.11	3
4 号	0.53	0.56	0.84	0.51	0.14	0.12	2.57	8

SIROGA: salt injury rate of germination, SSIR: shoot salt injury rate, SIROLR: salt injury rate of lateral roots, SIRORL: salt injury rate of root length, DOHLW: the duration of 1/2 leaf wilting, DOELW: the duration of entire leaf wilting

2.4 盆栽对耐盐性综合评价方法筛选出高粱材料的耐盐性检验

从 10 份高粱材料中挑选 5 份耐盐性不同的高粱材料,将其分别播种于含盐含量为 0、0.5%、0.7% 的土壤,两叶一心和三叶一心期分别观察出苗植株数量(表 7 和表 8)。按照出苗情况进行排序,由高到低依次是河农 1 号、623B、辽杂 11 号、四丽美、河农 16。这与 10 份高粱材料综合评价耐盐性强弱排列顺序具有一致性,说明通过以上多项指标综合评价高粱品种耐盐性的方法是客观、准确的。

表 7 5 份高粱材料两叶一心期在不同盐含量下的出苗数

Table 7 Seedling number of 5 sorghum materials in different salt concentration in two leaves as one period

材料 Material	土壤盐分含量(%) Soil salt content			盐土出苗总数 Total emergence
	0	0.5	0.7	
四丽美	21 ± 1.00	23 ± 0.58	21 ± 1.00	44
河农 16	17 ± 0.00	16 ± 0.00	14 ± 1.53	30
623B	23 ± 1.00	25 ± 0.58	22 ± 1.00	47
辽杂 11 号	21 ± 1.73	25 ± 0.58	22 ± 0.58	47
河农 1 号	28 ± 1.00	30 ± 1.00	26 ± 1.00	56

表 8 5 份高粱材料三叶一心期在不同盐含量下的出苗数

Table 8 Seedling number of 5 sorghum materials in different salt concentration in clover as one period

材料 Material	土壤盐分含量(%) Soil salt content			盐土出苗总数 Total emergence
	0	0.5	0.7	
四丽美	21 ± 1.00	22 ± 0.58	20 ± 1.15	42
河农 16	17 ± 0.00	16 ± 0.00	14 ± 1.53	30
623B	23 ± 1.00	24 ± 1.00	21 ± 1.00	45
辽杂 11 号	21 ± 1.73	24 ± 0.58	18 ± 0.58	42
河农 1 号	28 ± 1.00	29 ± 0.58	21 ± 1.00	50

3 讨论

3.1 高粱发芽期耐盐性的特点

高粱发芽期 4 个指标中有 3 个指标即一级侧根数、根长和芽高在 0.2% 盐浓度下多数品种表现比对照生长好,这种情况在玉米^[17]、黄麻^[18]、黄瓜^[19]、燕麦^[20]、小麦^[21]、番茄^[22]等蔬菜和作物中没有出现;在谷子中,低盐胁迫下有相似情况出现^[13]。说明高粱对低盐环境具有较强的适应性。在同等的盐胁迫环境中,高粱的耐盐性优于常规作物和蔬菜。

高粱发芽期的 4 个指标即发芽盐害率、芽高盐害率、侧根数盐害率、根长盐害率在不同盐浓度的胁迫下存在差异,从每个指标的整体来看:不同的指标对盐胁迫的反应敏感程度不同,侧根数盐害率中,在 0~0.8% 的盐浓度范围内,低盐浓度下利于侧根生长,高盐浓度下,抑制侧根生长,侧根盐害率变化范围从 -225.00%~100.00%,变化最大,此指标对盐胁迫也最敏感。其次是芽高和根长,发芽率对盐胁迫反应最不敏感。说明在发芽期的几项指标对盐胁迫的反应不一。10 份高粱材料在不同盐浓度胁迫下每个指标表现出来的耐盐反应并不具有一致性,在发芽期 4 个指标中,同一品种在不同指标中表现出对盐的敏感程度不同,得分有多有少,这与品种本身的耐盐性和遗传基因有关^[23]。单独用某一个指标来衡量品种的耐盐性是不可靠的,综合多项指标判断品种的耐盐性更为客观和真实。

3.2 不同高粱材料幼苗期的耐盐性

植物幼苗受到盐胁迫后叶片萎蔫是很明显的形态变化,叶片受害面积的变化一定程度上反映了整株植物生物量的变化,可用于评价植株受害的程度^[24]。高粱幼苗在受到盐胁迫后叶片出现萎蔫、卷曲,易于观察,本试验通过记录各高粱材料幼苗叶片面积分别达到 1/2 和全部萎蔫所用时间来反映各材料在盐胁迫下的受害程度。筛选浓度会影响指标在筛选材料间差异的大小^[25],本研究设定了 5 个 NaCl 浓度,通过对幼苗受害症状程度的观察,同时参照管志勇等^[26] 研究结果选择 0.8% NaCl 为耐盐性评价最佳浓度。合适的筛选压能够获得良好的筛选效果^[27]。10 份高粱材料幼苗 1/2 叶片达到萎蔫的时间变异系数为 44.80%,幼苗达到全部叶片萎蔫所需时间的变异系数为 15.90%。

3.3 高粱耐盐性评价打分标准中各项指标得分及系数的确定

半致死盐害率对于耐盐品种的筛选具有重要的指导意义。发芽期 4 个指标中,发芽盐害率、芽高盐害率、侧根数盐害率、根长盐害率出现半致死盐害率的盐浓度在相对集中在较高的盐浓度下,分别是 0.6%~0.8%、0.8%、0.6%~0.8%、0.8% 的盐浓度,而高粱在低盐浓度下具有较强适应性,0.2%、0.4% 的盐浓度对筛选耐盐材料意义不大,因此 0.6%、0.8% 的盐浓度下的指标盐害率是筛选耐盐品种重要的参考数值。在 0.6% 盐浓度胁迫下的 4

个指标中共 40 项数值中有约 20% 达到半致死盐害率,其余 80% 半致死盐害率出现在 0.8% 盐浓度左右,而且在 0.8% 的盐浓度胁迫下各指标的数值比 0.6% 盐浓度下变异系数减小,耐盐水平稳定在一定水平,所以 0.8% 盐浓度下的盐害率在打分标准中比重较大定为 0.8,0.6% 盐浓度胁迫下的盐害率比重较小定为 0.2。

对比 1/2 叶片萎蔫症状出现持续时间和整个叶片萎蔫持续时间,各材料在这两个指标中并不具有完全一致性,这与各材料在不同的生长阶段的耐盐特点有关。各材料整个叶片萎蔫持续时间比起 1/2 叶片萎蔫症状出现持续时间从数值上表现的变异系数较小,高粱各材料在 1/2 叶片萎蔫症状出现到整个叶片萎蔫的阶段其耐盐性表现不一,利用整个叶片萎蔫持续时间评价高粱材料耐盐性更具有完整性和准确性。所以在对高粱材料耐盐性评价方法中,苗期萎蔫情况的打分标准中整个叶片萎蔫持续时间占的比例较大为 0.8,1/2 叶片萎蔫症状出现持续时间所占比重较小为 0.2,同时与发芽期 4 个指标的打分标准中的所乘系数也保持一致性。

3.4 关于此高粱耐盐性评价方法广泛应用注意的问题

此高粱耐盐性综合评价方法是在以 10 份高粱材料为例进行多指标耐盐性分析、根据具体情况确定打分标准、最后综合各指标得分情况得出结果的基础上制定的,为了检验此方法的准确性,本研究用盆栽实验加以验证,验证结果证明此方法是客观、准确的,可以应用于更多材料的耐盐性筛选。需要说明的是在耐盐级别划分时,本研究是以 10 份高粱材料为例确定阈值划分的,当材料更多的时候,则有可能筛选到耐盐性很强的材料,在耐盐分级中 I 级为高耐盐材料,分值标准为 <2.00,可以适当提高标准,定为 <1.95 或 <1.90;但是 III 级为中耐盐材料与 IV 级为敏感材料的界限值 2.5 是不可变的,当得分值 >2.5 时,就意味着各指标平均值大于 0.5,各指标盐害率大于 50%,超过半致死盐害率,就无耐盐可言。

3.5 采用此高粱耐盐性综合评价方法筛选不同高粱材料耐盐性的优点

农作物耐盐性鉴定常规方法有很多,比如人工盐池和自然田间鉴定、温室盆栽水培鉴定等,这些方法尽管适用于农作物整个生育阶段,但是也存在田间盐分分布不均、鉴定周期较长、鉴定种质资源有限

等缺点^[15]。发芽期和幼苗期为植物对盐胁迫最敏感的时期^[28-29]。种子萌芽期的耐盐性可以反映出该品种在其他时期的耐盐性^[16],有研究表明,在高粱^[30]、玉米^[31]和粟类^[32]作物上苗期的耐盐性与成株期的耐盐性是一致的。

王秀玲等^[12]通过模糊数学隶属函数对甜高粱材料发芽率、发芽指数、发芽势、活力指数等 8 项指标的盐害率的隶属函数值的总平均值进行综合评价,从而评价不同材料的耐盐性,对 10 份甜高粱材料的耐盐性强弱进行了排序。与王秀玲等人研究相比,本研究综合发芽期和幼苗期多项指标建立了一套高粱耐盐性评价方法,方法中内涵详细的评判标准,不仅对高粱材料可以进行耐盐性强弱的鉴定,而且可以对高粱材料耐盐性进行分类,明确材料本身的耐盐性强弱,给予定位,无论材料多少,一个至上百个均适用。

本研究综合发芽期和幼苗期多项指标评价高粱材料耐盐性,与采用发芽期或幼苗期单一指标评价耐盐性的方法相比,更具有鉴定的准确可靠性。利用本方法可在较短时间内对大量的品种进行耐盐性筛选和鉴定,不但减少了试验成本,节约了资源,而且大大缩短鉴定时间,为后续的研究工作打下良好基础。

参考文献

- [1] Tahir A M, Naem I, Hammad R. Growth Modulation and Ion Partitioning in Salt Stressed Sorghum (*Sorghum Bicolor* L.) by Exogenous Supply of Salicylic Acid [J]. Pak J Bot, 2010, 42(5): 3047-3054
- [2] 赵福庚, 何龙飞, 罗庆云. 植物逆境生理生态学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 137
- [3] Jeff B. Improvement In Salt Tolerance Technology To Increase Productivity and Decrease Fresh Water Requirements for Sorghum Farming [R]. DAVIS, Calif 2009, April 9. <http://www.advantaindia.com/sorghum>
- [4] 符秀梅, 朱红林, 李小靖, 等. 盐胁迫对水稻幼苗生长及生理生化的影响 [J]. 广东农业科学, 2010(4): 19-21
- [5] 任丽丽, 李海雷, 赵自国. NaCl 胁迫对野生大豆和栽培大豆生理生化的影响研究 [J]. 湖南农业科学, 2010(7): 59-61, 66
- [6] 郑世英, 商学芳, 王丽燕, 等. 盐胁迫对不同基因型玉米生理特性和产量的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 109-112
- [7] 林栖凤. 耐盐植物研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 77
- [8] Thakur M, Sharma A D. Salt Stress and Phytohormone (ABA) - Induced Changes in Germination, Sugars and Enzymes of Carbohydrate Metabolism in *Sorghum bicolor* (L.) Moench Seeds [J]. Agric Social Sci, 2005, 1: 89-93
- [9] 秦岭, 张华文, 杨延兵, 等. 不同高粱品种种子萌发耐盐能力评价 [J]. 种子, 2009: 28(11): 7-10
- [10] 马金虎, 郭数进, 王玉国, 等. 种子引发对盐胁迫下高粱幼苗生物量分配和渗透物质含量的影响 [J]. 生态学杂志, 2010, 29(10): 1950-1956
- [11] 马金虎, 李新基, 崔福柱. 四个不同生态型高粱杂交种幼苗耐盐性差异的比较 [J]. 山西农业大学学报: 自然科学版, 2009, 29(5): 400-403
- [12] 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
- [13] 李志华. 辽杂系列高粱杂交种耐盐性鉴定报告 [J]. 杂粮作物, 2008, 28(5): 305-306
- [14] 陆平. 高粱种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 21, 64-65
- [15] 田伯红, 王素英, 李雅静, 等. 谷子地方品种发芽期和苗期对 NaCl 胁迫的反应和耐盐品种筛选 [J]. 作物学报, 2008, 34(12): 2218-2222
- [16] 王广印, 周秀梅, 张建伟, 等. 不同黄瓜品种种子萌发期的耐盐性研究 [J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(3): 299-303
- [17] 姚正培, 孟君, 李冠. 玉米自交系芽苗期耐盐性的鉴定与筛选 [J]. 华北农学报, 2007, 22(5): 27-30
- [18] 马洪雨, 王瑞君, 王显生, 等. 黄麻种质芽期和苗期耐盐性的鉴定与评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(2): 236-243
- [19] 朱进, 别之龙, 李娅娜. 黄瓜种子萌芽期及嫁接砧木幼苗期耐盐力评价 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(4): 772-778
- [20] 武俊英, 刘景辉, 翟利剑, 等. 不同品种燕麦种子萌发和幼苗生长的耐盐性 [J]. 生态学杂志, 2009, 28(10): 1960-1965
- [21] 王军, 李筠, 王龙, 等. 不同基因型小麦品种(系)耐盐性筛选 [J]. 江苏农业科学, 2009(3): 77-79
- [22] 张飞, 梁燕. 番茄品番茄品种种子萌发期耐盐性研究 [J]. 北方园艺, 2010(12): 13-16
- [23] 王荣华, 王维成, 刘焕霞, 等. 不同甜菜种质耐盐性鉴定和筛选 [J]. 中国糖料, 2008(4): 14-16
- [24] 李彦, 张英鹏, 孙明, 等. 盐胁迫对植物的影响及植物耐盐机理研究进展 [J]. 中国农学通报, 2008, 24(1): 258-263
- [25] 孙小芳, 刘友良. 棉花品种耐盐性鉴定指标可靠性的检验 [J]. 作物学报, 2001, 27(6): 794-801
- [26] 管志勇, 陈素梅, 陈发棣, 等. 32 个菊花近缘种属植物耐盐性筛选 [J]. 中国农业科学, 2010, 43(19): 4063-4071
- [27] 安永平, 强爱玲, 张媛媛, 等. 渗透胁迫下水稻种子萌发特性及抗旱性鉴定指标研究 [J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(4): 421-426
- [28] 孙小芳, 郝青松, 刘友良. 盐胁迫下不同基因型棉花萌发生长和离子吸收特性 [J]. 棉花学报, 2001, 13(3): 134-137
- [29] 米海莉, 许兴, 马雅琴, 等. 小麦品种耐盐性的研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(1): 134-138
- [30] Azhar F M, McNeilly T. Variability for salt tolerance in *Sorghum bicolor* L. Moench under hydroponic conditions [J]. Agron Crop Sci, 1987, 159: 269-277
- [31] Maiti R K, Amaya L E D, Cardona S I, et al. Genotypic variability in maize cultivars (*Zea mays* L.) for resistance to drought and salinity [J]. Plant Physiol, 1996, 148: 741-744
- [32] Kebebew F, McNeilly T. Variation in response of accessions of minor millets, *Pennisetum americanum* L. Leek (Pearl Millet) and *Eleusine coracana* L. Gaertn (Finger Millet), and *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter (Tef), to salinity in early seedling growth [J]. Plant Soil, 1995, 175: 311-321