

芽期 NaCl 胁迫下不同基因型芝麻的反应差异研究

孙 建,乐美旺,饶月亮,颜廷献,颜小文,周红英
(江西省农业科学院作物研究所,江西 南昌 330200)

摘 要:通过芽期 NaCl 胁迫研究了不同浓度 NaCl 对芝麻种子成苗及幼苗生长的影响,分析了 0.4%NaCl 胁迫下不同基因型芝麻的反应差异。结果表明:(1) 0~0.4%的 NaCl 浓度对芝麻种子成苗率影响较小,在 NaCl 浓度为 0.6%~0.8%时表现为成苗率下降;芽长和简易活力指数均随 NaCl 浓度的增加而不断下降;根长和苗鲜重则因品种不同表现有异,部分品种随 NaCl 浓度增加呈先升后降趋势,部分品种则表现为不断下降趋势,不同芝麻品种表现差异较大。(2) 所有参试品种在 0.4%的 NaCl 浓度胁迫下在根长、芽长、苗鲜重、简易活力指数等测定指标上均表现出下降较为明显,认为 0.4%的 NaCl 浓度胁迫可以作为芝麻种质资源耐盐性筛选鉴定的参考浓度。(3)聚类分析结果将 39 份种质资源明显聚为两类,即包含 12 份种质的耐盐类和包含 27 份种质的不耐盐类。(4) 参试的改良品种(系)与地方种质耐盐性差异不大,地方种质的耐盐性指标的多样性指数要大于改良品种(系),即在 NaCl 胁迫下地方种质所表现的基因型差异要大于改良品种(系)。

关键词: 芝麻;NaCl 胁迫;基因型;耐盐性;反应差异;种质资源
中图分类号: S565.303 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)06-0075-07

Genotypic variation in sesame salt tolerance during germination under NaCl stress

SUN Jian, LE Mei-wang, RAO Yue-liang, YAN Ting-xian, YAN Xiao-wen, ZHOU Hong-ying
(Crops Research Institute, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang, Jiangxi 330200, China)

Abstract: Effect of NaCl on seeding emergence and growth of sesame during germination was analyzed. The results indicated a modest effect on seeding emergence of NaCl treatment with the range of 0% ~ 0.4%. Length of bud and simple vigor index decreased continuously with increasing of concentration of NaCl. The root length and seeding fresh weight varied with sesame cultivars. Some increased first but decreased later with increasing concentration of NaCl, while others decreased continuously. The 0.4% NaCl treatment led to a significant decrease in root length, length of bud, seeding fresh weight and simple vigor index, indicating that this could be used as reference concentration for screening and identification of salt tolerance in sesame germplasm. The cluster analysis divided the 39 germplasm into two groups, 12 germplasm with salt tolerance and the others being salt sensitive. In addition, there was minimal difference in salt tolerance between newly released cultivars and local salt tolerance cultivar.

Keywords: sesame; NaCl stress; genotype; salt tolerance; variation; sesame germplasm

芝麻是我国重要的传统优质油料作物,在我国种植历史悠久,全国大部分地区均有种植,其种子具有很高的营养价值和广阔的消费群体,更是我国许多传统食品不可或缺的原材料^[1]。近年来,由于耕地面积不断下降、大宗作物的政策性倾斜等因素的影响,传统产区的芝麻种植面积出现下滑趋势,稳定和扩大种植面积是我国芝麻产业持续发展的关键^[1-2],充分开发和利用滩涂地、盐碱地等边际地是增加芝麻种植面积的重要途径之一^[3-4]。

盐碱地是指土壤内所含盐分影响到农作物正常生长的土地。我国盐碱地主要集中在华北、西北和东北等干旱和半干旱地区,面积 0.35~0.37 亿 hm²,占我国可耕作土壤的 1/4^[5]。发掘耐盐性种质资源是开发利用盐碱地的前提。在种子萌发及幼苗期利

收稿日期:2014-04-25
基金项目:国家芝麻产业技术体系建设项目(CARS-15-1-04);江西省农业科学院科技创新团队建设基金
作者简介:孙 建(1981—),男,江西高安人,硕士,副研究员,主要从事芝麻遗传育种研究。E-mail:whsunjian@qq.com;whsunjian@aliyun.com。
通信作者:乐美旺(1963—),男,江西玉山人,博士,研究员,主要从事芝麻遗传育种研究。E-mail:mwyuecarl@163.com。

用 NaCl 胁迫处理是开展作物耐盐性研究、发掘耐盐性种质资源的简洁有效的方法之一,已经在小麦^[6]、玉米^[7]、棉花^[8]、油菜^[9]、花生^[5]、黄瓜^[10]等作物中广泛应用,而关于芝麻的相关研究尚鲜见报道。本试验研究了不同浓度 NaCl 胁迫对芝麻种子萌发及幼苗生长的影响,开展了 NaCl 胁迫下不同基因型芝麻的反应差异研究,为芝麻耐盐性改良研究和育种

利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

39 份供试材料名称及来源见表 1,其中改良品种(系)15 份,地方种质 24 份。种子由江西省农业科学院作物研究所芝麻创新团队提供。

表 1 供试芝麻材料的名称及来源
Table 1 Material used and their origins

编号 Code	材料名称 Material name	来源 Origin	类型 Type	编号 Code	材料名称 Material name	来源 Origin	类型 Type
1	辽芝 1 号 Liaozhi No.1	辽宁 Liaoning	改良品种 UV	21	嘉鱼叶三角 Jiayu Yesanjiao	湖北 Hubei	地方种质 LG
2	豫芝 4 号 Yuzhi No.4	河南 Henan	改良品种 UV	22	神农架芝麻 Shennongjia Zhima	湖北 Hubei	地方种质 LG
3	驻芝 15 Zhuzhi No.15	河南 Henan	改良品种 UV	23	神农架老芝麻 Shennongjia Laozhima	湖北 Hubei	地方种质 LG
4	漯芝 18 Luozhi No.18	河南 Henan	改良品种 UV	24	应山火麻 Yingshan Huoma	湖北 Hubei	地方种质 LG
5	上蔡白芝麻 Shangcai Baizhima	河南 Henan	地方种质 LG	25	麻城黑芝麻 Macheng Heizhima	湖北 Hubei	地方种质 LG
6	西平二郎花 Xiping Erlanghua	河南 Henan	地方种质 LG	26	阜南芝麻 Funan Zhima	安徽 Anhui	地方种质 LG
7	遂平小籽黄 Suiping Xiaozihuang	河南 Henan	地方种质 LG	27	皖芝 1 号 Wanzhi No.1	安徽 Anhui	改良品种 UV
8	新野一叶三 Xinye Yiyesan	河南 Henan	地方种质 LG	28	全椒芝麻 Quanjiao Zhima	安徽 Anhui	地方种质 LG
9	鄂芝 2 号 Ezhi No.2	湖北 Hubei	改良品种 UV	29	09S22	江西 Jiangxi	改良品系 UV
10	中芝 11 Zhongzhi No.11	湖北 Hubei	改良品种 UV	30	赣芝 928 Ganzhi No.928	江西 Jiangxi	改良品系 UV
11	中芝 13 Zhongzhi No.13	湖北 Hubei	改良品种 UV	31	S1201	江西 Jiangxi	改良品系 UV
12	竹山白 Zhushanbai	湖北 Hubei	地方种质 LG	32	赣芝 804 Ganzhi No.804	江西 Jiangxi	改良品系 UV
13	沔阳八股杈 Mianyang Bagucha	湖北 Hubei	地方种质 LG	33	赣芝 802 Ganzhi No.802	江西 Jiangxi	改良品系 UV
14	枣阳地壳黄 Zaoyang Dikehuang	湖北 Hubei	地方种质 LG	34	S2745	江西 Jiangxi	改良品系 UV
15	谷城犀牛角 Gucheng Xiniujiang	湖北 Hubei	地方种质 LG	35	S32	江西 Jiangxi	改良品系 UV
16	随县火红芝麻 Suixian Hongzhima	湖北 Hubei	地方种质 LG	36	苍南硬三股 Cangnan Yingsangu	浙江 Zhejiang	地方种质 LG
17	崇阳芝麻 Chongyang Zhima	湖北 Hubei	地方种质 LG	37	荔波黑芝麻 Libo Heizhima	贵州 Guizhou	地方种质 LG
18	通城四方芝麻 Tongcheng Sifang Zhima	湖北 Hubei	地方种质 LG	38	始兴江口白 Shixing Jiangkoubai	广东 Guangdong	地方种质 LG
19	谷城六棱 Gucheng Liuleng	湖北 Hubei	地方种质 LG	39	崖县小粒芝麻 Yaxian Xiaolizhima	广东 Guangdong	地方种质 LG
20	崇阳白芝麻 Chongyang Baizhima	湖北 Hubei	地方种质 LG				

注:LG,地方种质; UV,改良品种(系)。 Note: LG, Local germplasm; UV, improved cultivar.

1.2 试验设计

试验采取不同浓度 NaCl 溶液(0、0.2%、0.4%、0.6%和 0.8%)对芝麻种子进行发芽期胁迫。选取饱满的芝麻种子,于 0.1% HgCl₂ 溶液中消毒处理 5 min,然后用蒸馏水冲洗三遍。采用滤纸发芽法,在干净的培养皿(直径 9 cm)内铺三层滤纸,吸取 10 ml 不同浓度的 NaCl 溶液于培养皿内,将处理好的种子

均匀摆在培养皿中,每皿 50 粒,各处理重复 3 次。25℃恒温光照培养。3 d 后待幼苗长至培养皿高度时,揭去培养皿盖,每日定时补充蒸馏水,使各个处理 NaCl 浓度保持不变。6 d 后统计正常苗数并计算成苗率,测量正常苗根长、茎长和鲜重,每皿测定幼苗 20 株。简易活力指数为成苗率与芽长之积,各指标相对值(α)按照以下公式计算^[11-12]。

$$\alpha(\%) = (\text{处理幼苗测定值} / \text{对照幼苗测定值}) \times 100\%$$
$$\text{相对成苗率}(\%) = (\text{处理成苗率} / \text{对照成苗率}) \times 100$$

$$\text{相对活力指数}(\%) = (\text{处理成苗率} \times \text{处理正常苗芽长}) \div (\text{对照成苗率} \times \text{对照正常苗芽长}) \times 100$$

多样性指数计算见参考文献^[13-14], 先计算参试材料的总体平均数($\bar{x}$)和标准差(s), 然后划分为 10 级^[13], 即第 1 级 [$X_i < (\bar{x} - 2s)$] 到第 10 级 [$X_i > (\bar{x} + 2s)$], 每 0.5 s 为一级, 每一级的相对频率用于计算多样性指数, 公式^[13-14]为 $H' = -\sum P_i \times \ln P_i$, 式中 P_i 为某一性状第 i 级别内材料份数占总份数的百分比。总体平均多样性指数为各个单项性状多样性指数的平均值。

数据处理与聚类分析在 Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件上完成。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 NaCl 胁迫对芝麻成苗及幼苗生长的影响

5 个芝麻品种(中芝 11、中芝 13、鄂芝 2 号、驻芝 15 和漯芝 18)在 0~0.8% 浓度的 NaCl 胁迫下, 成苗率 NaCl 浓度为 0~0.4% 时变化不明显, 在 0.6%~0.8% 时驻芝 15 和漯芝 18 出现急剧下降, 其余 3 个品种下降较小(图 1); 芽长随 NaCl 浓度的升高而不断变短, 其中鄂芝 2 号、驻芝 15 和漯芝 18 在 0~0.2% 之间, 中芝 11 和中芝 13 在 0.2%~0.4% 之间急剧下降(图 2); 中芝 11 和中芝 13 的根长在 0.2% 浓度时稍有伸长, 随后急剧下降, 其余 3 个品种均随 NaCl 浓度的增加而不断下降, 5 个品种均在 0.4% 时下降极为明显(图 3); 中芝 11 和中芝 13 的苗鲜重随 NaCl 浓度的升高呈先升后降的趋势, 鄂芝 2 号和漯芝 18 随 NaCl 浓度的增加先表现为微弱下降, 随后下降明显, 而驻芝 15 则随 NaCl 浓度的增加一直呈下降趋势, 5 个品种均在 0.4% 时下降明显(图 4); 简易活力指数结果显示, 5 个品种随 NaCl 浓度的增加均呈不断下降趋势(图 5)。

综合以上结果(图 1), 芝麻种子成苗率在 0~0.4% 的浓度时基本没有变化, 在浓度稍高(0.6%~0.8%) 时表现为成苗率下降; 芽长和简易活力指数均随 NaCl 浓度的增加而不断下降; 根长和苗鲜重则因品种不同表现有异, 部分品种随 NaCl 浓度增加呈先升后降趋势, 部分品种则表现为不断下降趋势, 不同芝麻品种表现差异较大。所有参试品种在 0.4% 的 NaCl 浓度胁迫下在根长、芽长、苗鲜重、简易活力指数等测定指标上均表现出下降较为明显, 综合认

为, 0.4% 的 NaCl 浓度胁迫可以作为芝麻种质资源耐盐性筛选鉴定的参考浓度。

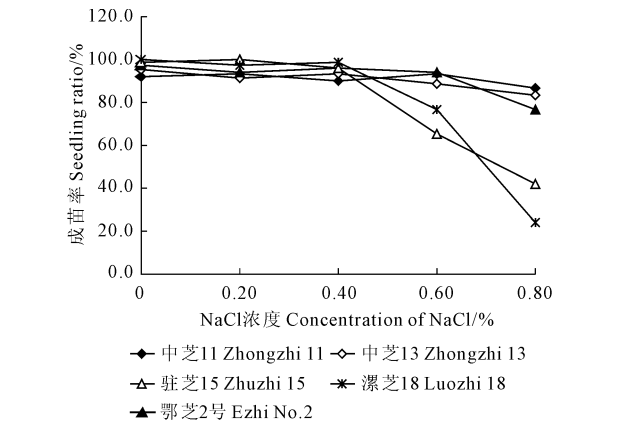


图 1 不同浓度 NaCl 胁迫对 5 个品种芝麻种子成苗率的影响
Fig.1 Effect of NaCl stress on seedling ratio of the five sesame varieties

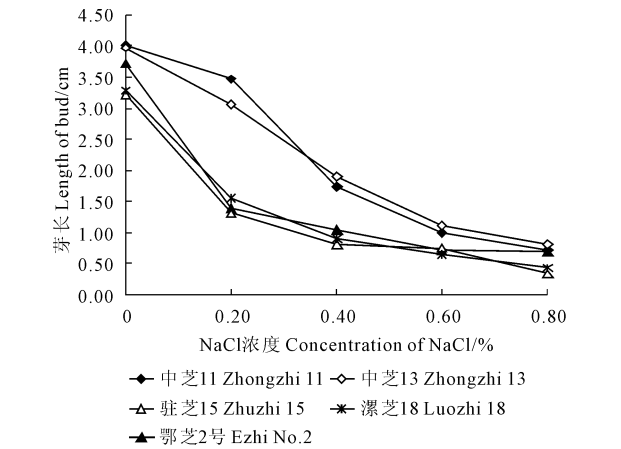


图 2 不同浓度 NaCl 胁迫对 5 个品种芝麻幼苗芽长的影响
Fig.2 Effect of NaCl stress on seedling growth of the five sesame cultivars

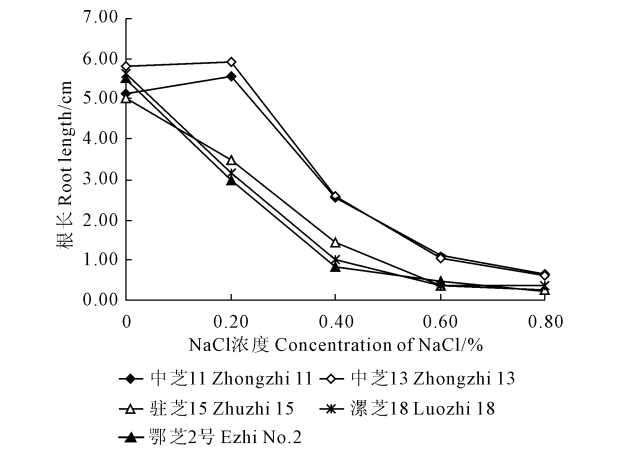


图 3 不同浓度 NaCl 胁迫对 5 个品种芝麻幼苗根长的影响
Fig.3 Effect of NaCl stress on seedling taproot length of the five sesame cultivars

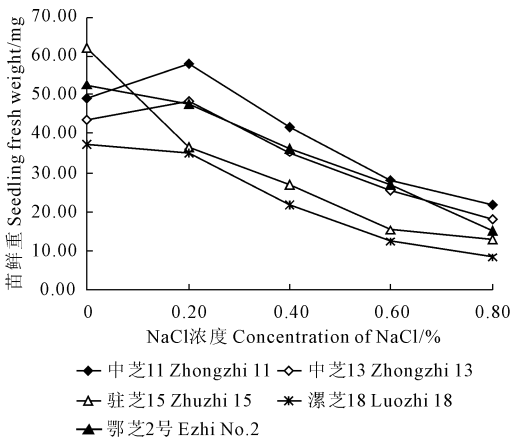


图 4 不同浓度 NaCl 胁迫对 5 个品种芝麻幼苗苗鲜重的影响

Fig.4 Effect of NaCl stress on seedling fresh weight per plant of the five sesame cultivars

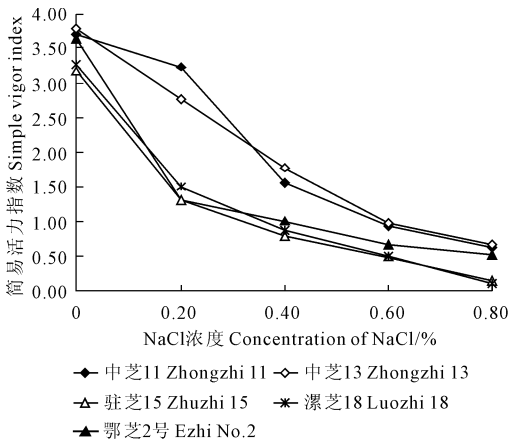


图 5 不同浓度 NaCl 胁迫对 5 个品种芝麻种子简易活力指数的影响

Fig.5 Effect of NaCl stress on simple vigor index of the five sesame cultivars

2.2 芽期 0.4% NaCl 胁迫对芝麻成苗及幼苗生长的影响

利用 0.4% 的 NaCl 溶液对 39 份芝麻种质资源进行芽期耐盐性鉴定。结果显示(表 2),相对成苗率为 70.77% ~ 100%, 平均 92.83%, 变异系数 7.45, 多样性指数 1.8236; 相对芽长 (α 值, 下同) 为 17.98% ~ 47.98%, 平均 31.70%, 变异系数 25.59, 多样性指数 1.9447; 相对根长为 14.88% ~ 54.09%, 平均 33.08%, 变异系数 30.95, 多样性指数 2.0014; 相对苗鲜重为 43.16% ~ 89.12%, 平均 71.09%, 变异系数 16.19, 多样性指数 2.0297; 相对活力指数为 16.09% ~ 16.87%, 平均 29.39%, 变异系数 25.94, 多样性指数 1.9559。可见, 芽期 0.4% 的 NaCl 胁迫下, 对芝麻种子幼苗影响最大的是芽长和根据芽长计算而来的相对活力指数, 其后依次是根长、苗鲜重

和成苗率。不同基因型之间对 NaCl 胁迫的反应差异较大, 测定的 5 个指标的多样指数为 1.8236 ~ 2.0297, 其中根长表现最为明显, 变异系数达到 30.95, 多样性指数 2.0014, 其次是相对活力指数和芽长, 反应差异最小的是成苗率。因此, 0.4% 的 NaCl 胁迫对芝麻的影响主要表现在抑制幼苗的生长, 从而引起芽长、根长和苗鲜重等测定指标的下降, 而对成苗率影响不是很大。

将所测指标的相对值 (α 值) 进行相关分析, 结果表明芽期 0.4% NaCl 胁迫下芝麻的芽长、根长、苗鲜重与相对活力指数之间均呈极显著正相关, 相对成苗率与其它各测定指标之间相关性不显著, 这与 0.4% NaCl 胁迫对芝麻的成苗率影响不大有关 (见表 3)。

2.3 聚类分析

利用 SPSS 软件采用欧氏距离 - 离差平方和的方法对供试的 39 份不同基因型芝麻种质资源的各个测定指标的耐盐性系数 (相对成苗率、相对芽长、相对根长、相对苗鲜重和相对活力指数) 进行聚类分析。结果显示 (图 6), 供试材料明显分为两类, 其中第 I 类中包含 12 份种质资源, 占供试种质的 30.77%, 相对成苗率 79.41% ~ 97.67%, 平均 91.82%, 相对芽长 33.84% ~ 47.98%, 平均 41.60%, 相对根长 35.77% ~ 54.09%, 平均 44.49%, 相对苗鲜重 70.19% ~ 89.12%, 平均 82.33%, 相对活力指数 31.80% ~ 46.87%, 平均 38.22%; 第 II 类包含 27 份种质资源, 占供试种质的 69.23%, 相对成苗率 70.77% ~ 100.7%, 平均 93.27%, 相对芽长 17.98% ~ 41.35%, 平均 27.31%, 相对根长 14.88% ~ 38.88%, 平均 28.02%, 相对苗鲜重 43.16% ~ 82.16%, 平均 66.10%, 相对活力指数 16.09% ~ 36.32%, 平均 25.46%。比较分析结果表明, I 类的 12 份种质资源具有相对芽长、相对根长、相对苗鲜重、相对活力指数等性状指标值较高的共同特点, 可视为芽期耐 NaCl 胁迫即耐盐种质, II 类的 27 份种质则表现为相对芽长、相对根长、相对苗鲜重及相对活力指数较低的特点, 可视为芽期 NaCl 胁迫敏感种质, 即不耐盐种质。耐盐种质中包含中芝 11、中芝 13、赣芝 928、09S22 和 S1201 等 5 份改良品种 (系) 和遂平小籽黄、随县火红芝麻、西平二郎花、崖县小粒芝麻、阜南芝麻、始兴江口白、荔波黑芝麻等 7 份地方种质, 此类耐盐基因型种质可以为芝麻耐盐性改良提供参考。

表 2 芽期 0.4% NaCl 胁迫下芝麻不同基因型的反应差异

Table 2 Genotypic difference in response of sesame cultivars to 0.4% NaCl stress during germination

编号 Code	相对成 苗率/% Relative survival ratio	芽长/cm Length of seedling		α /%	根长/cm Length of taproot		α /%	苗鲜重/mg Fresh weight per plant		α /%	相对活力 指数/% Relative vigor index
		0 (CK)	0.4% (T)		0 (CK)	0.4% (T)		0 (CK)	0.4% (T)		
1	100.00	3.26	0.90	27.68	6.12	0.91	14.88	50.93	29.70	58.31	27.68
2	97.78	4.23	1.40	33.02	7.37	2.34	31.69	45.47	31.73	69.79	32.28
3	97.75	3.21	0.81	25.16	5.02	1.44	28.64	62.17	26.83	43.16	24.59
4	98.89	3.27	0.89	27.12	5.62	1.01	18.04	37.40	21.83	58.38	26.81
5	91.57	4.38	1.23	28.14	6.98	2.03	29.04	47.37	35.67	75.30	25.76
6	94.74	3.54	1.63	45.99	6.08	3.03	49.86	48.53	34.60	71.29	43.57
7	93.24	3.39	1.36	40.18	4.83	1.76	36.40	45.03	39.63	88.01	37.46
8	92.54	4.17	0.85	20.48	5.76	1.98	34.39	42.37	22.10	52.16	18.95
9	98.86	3.72	1.04	28.05	5.50	0.85	15.41	52.63	36.23	68.84	27.73
10	97.59	4.01	1.73	43.19	5.12	2.54	49.58	48.90	41.73	85.34	42.15
11	97.67	3.97	1.9	47.98	5.81	2.61	44.92	43.40	35.20	81.11	46.87
12	87.84	3.80	1.57	41.35	4.73	1.49	31.55	41.03	30.73	74.90	36.32
13	94.29	4.51	1.34	29.76	7.72	2.52	32.61	49.87	40.80	81.82	28.06
14	91.36	4.13	1.05	25.34	5.55	1.85	33.33	42.93	27.50	64.05	23.15
15	98.80	4.72	1.34	28.41	7.27	2.06	28.39	50.93	33.63	66.03	28.07
16	87.67	3.96	1.78	44.95	6.46	2.59	40.17	50.20	41.03	81.74	39.41
17	96.15	3.76	1.10	29.23	4.99	1.94	38.88	37.37	30.70	82.16	28.11
18	70.77	2.76	0.92	33.17	4.39	1.54	35.08	33.50	26.80	80.00	23.48
19	74.39	3.84	0.95	24.67	6.23	2.16	34.60	43.57	33.40	76.66	18.36
20	97.50	3.63	1.05	28.90	5.11	1.61	31.51	39.93	28.97	72.54	28.18
21	85.94	3.93	1.08	27.57	6.39	1.42	22.18	50.37	30.10	59.76	23.69
22	88.73	4.52	0.96	21.17	5.50	1.28	23.27	45.27	29.17	64.43	18.78
23	84.62	4.68	0.99	21.07	5.30	1.56	29.50	42.87	27.83	64.93	17.83
24	95.77	4.32	0.85	19.66	6.44	2.22	34.42	44.27	24.20	54.67	18.83
25	89.47	3.67	0.66	17.98	4.67	1.71	36.57	39.10	29.17	74.60	16.09
26	79.41	2.92	1.23	42.08	4.04	1.60	39.64	35.20	29.87	84.85	33.41
27	97.75	3.15	0.81	25.69	6.05	1.18	19.55	42.93	25.83	60.17	25.11
28	93.33	3.02	1.06	35.14	5.26	1.48	28.20	35.87	26.10	72.77	32.80
29	91.76	4.06	1.74	42.78	6.15	2.20	35.77	43.63	38.70	88.69	39.25
30	95.89	3.71	1.54	41.46	4.28	2.32	54.09	45.63	40.67	89.12	39.75
31	88.10	3.91	1.59	40.58	4.58	2.13	46.55	41.13	32.60	79.25	35.75
32	98.84	3.43	0.93	27.02	4.97	0.86	17.25	40.03	26.47	66.11	26.70
33	97.75	3.90	1.15	29.46	4.78	1.30	27.18	45.40	27.17	59.84	28.80
34	100.00	3.86	1.01	26.27	4.85	0.99	20.41	48.53	27.47	56.59	26.27
35	100.00	4.45	1.17	26.31	5.31	1.26	23.73	53.07	31.03	58.48	26.31
36	97.65	4.03	1.19	29.47	5.35	1.94	36.20	46.63	31.80	68.19	28.78
37	85.48	2.81	1.05	37.20	2.73	1.44	52.69	28.07	19.70	70.19	31.80
38	95.24	3.32	1.12	33.84	4.25	1.98	46.67	34.17	27.57	80.68	32.22
39	95.06	3.52	1.37	38.98	4.90	1.84	37.48	40.10	35.17	87.70	37.05

表 3 芽期 0.4% NaCl 胁迫下芝麻幼苗生长性状的相关分析

Table 3 Correlation analysis of seedling traits in sesame under 0.4% NaCl stress during germination

生长性状 Seedling traits	相对成苗率 Relative survival ratio	芽长 Length of seedling	根长 Length of taproot	苗鲜重 Fresh weight per plant	相对活力指数 Relative vigor index
相对成苗率 Relative survival ratio	1.000				
芽长 Length of seedling	-0.072	1.000			
根长 Length of taproot	-0.257	0.614 **	1.000		
苗鲜重 Fresh weight per plant	-0.300	0.693 **	0.609 **	1.000	
相对活力指数 Relative vigor index	0.211	0.958 **	0.542 **	0.605 **	1.000

注: ** 表示 0.01 的显著水平。 Note: ** Correlation is significant at the 0.01 level.

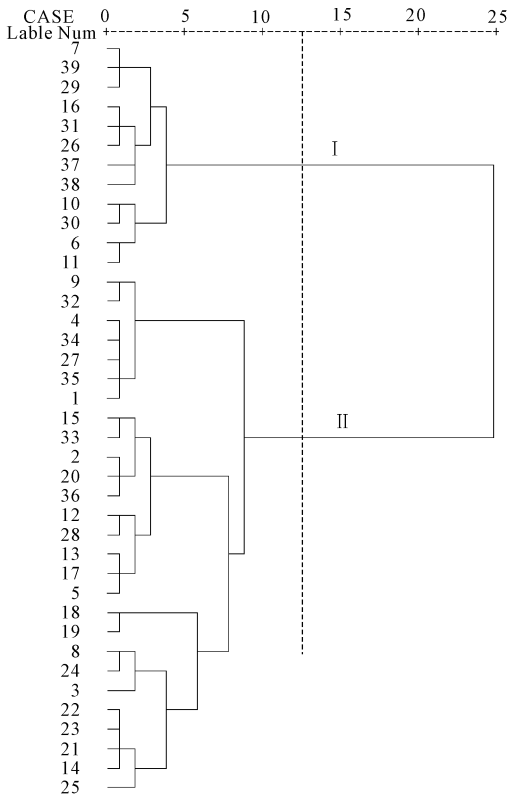


图 6 不同基因型芝麻芽期 NaCl 胁迫下的耐盐性聚类分析
Fig.6 Cluster analysis of salt tolerance of different genotypes under NaCl stress during germination

2.4 不同类型芝麻种质资源的耐盐性比较分析

将 0.4%NaCl 胁迫下 15 份改良品种(系)和 24 份地方种质的芽期耐盐性指标进行比较分析,表 4 所示,改良品种(系)相对成苗率(平均 96.84%)、相对芽长(平均 31.78%)和相对活力指数(平均 30.64%)较地方种质稍大,相对根长(平均 28.48%)和相对苗鲜重(平均 67.54%)较地方种质要小,说明在 NaCl 抗耐性方面,改良品种(系)与地方种质差异不显著。这在聚类分析结果中同样得到体现,聚类得到的 12 份耐盐性种质包含 5 份改良品种(系)

和 7 份地方种质,27 份盐敏感种质(不耐盐种质)包含 10 份改良品种(系)和 17 份地方种质,改良品种(系)与地方种质并没有发现太大差异。改良品种(系)的相对成苗率、相对芽长和相对活力指数的变异系数均小于地方种质,相对根长和相对苗鲜重的变异系数要大于地方种质;在各指标的多样性指数方面,除相对根长之外,改良品种(系)的其余 4 项指标的多样指数均小于地方种质,可见,在 NaCl 胁迫下地方种质所表现的基因型间的反应差异要大于改良品种(系)。

3 讨 论

盐分对非盐生植物最普遍和最显著的效应就是阻止生长,其生理机制十分复杂,不同盐分、不同浓度对不同植物的抑制机理均不尽相同^[6],盐浓度影响种子萌发及生长主要有增效、负效和完全阻抑等三方面效应^[5]。在种子萌发与成苗方面,研究发现低浓度盐分对种子萌发没有影响,或有促进作用,随着盐浓度升高,种子发芽率等指标减少,盐浓度过高就会抑制种子萌发^[5,10,15-16]。本研究表明,芝麻种子成苗率在 0~0.4% 的浓度时基本没有变化,在浓度稍高(0.6%~0.8%)时表现为成苗率下降,可见芝麻对 NaCl 胁迫的反应与上述报道^[5,10,15-16]基本一致,低浓度 NaCl 胁迫时对芝麻种子成苗率影响较小,随着 NaCl 浓度的增加,种子成苗率降低,且品种间存在一定差异。在幼苗生长方面,低浓度 NaCl 胁迫对根系生长、苗高或芽长的影响较小,随着 NaCl 浓度的增大,幼苗根系生长、苗高或芽长等均受到明显抑制,甚至幼苗死亡^[5,9,17-18]。本试验结果显示,芽长和简易活力指数均随 NaCl 浓度的增加而不断下降,根长和苗鲜重则因品种不同表现有异,部分品种随 NaCl 浓度增加呈先升后降趋势,部分品种则表现为不断下降趋势,这与前人在其它植物上的研究结果^[18-19]基本一致。

表 4 不同类型芝麻种质资源的耐盐性比较分析
Table 4 Comparison of salt tolerance for different genotype sesame germplasm

类型 Type	项目 Item	相对成苗率 Relative survival ratio	相对芽长 Relative height of seedling	相对根长 Relative length of taproot	相对苗鲜重 Relative fresh weight per plant	相对活力 指数 Relative vigor index
改良品种(系) (15 份) Improved cultivar varieties (15 accessions)	最大值 Max./%	100.00	47.98	54.09	89.12	46.87
	最小值 Min./%	88.10	25.16	14.88	43.16	24.59
	平均值 Average/%	96.84	31.78	28.48	67.54	30.64
	标准差 <i>s</i>	3.56	7.52	12.18	13.04	6.70
	变异系数 <i>CV</i>	3.67	23.65	42.77	19.31	21.87
	多样性指数 Diversity index	1.3624	1.0386	1.8414	1.7141	1.4878
地方种质 (24 份) Local germplasm (24 accessions)	最大值 Max./%	98.80	45.99	52.69	88.01	43.57
	最小值 Min./%	70.77	17.98	22.18	52.16	16.09
	平均值 Average/%	90.32	31.66	35.97	73.31	28.61
	标准差 <i>s</i>	7.36	8.62	7.78	10.10	8.19
	变异系数 <i>CV</i>	8.15	27.23	21.62	13.77	28.62
	多样性指数 Diversity index	1.6969	1.9716	1.8314	1.908	2.0046

遗传改良是应对作物生产中逆境危害的最经济有效的途径之一,然而,人工干预下的遗传改良使得作物遗传基础越来越窄,多样性越来越低,这在大豆^[20]、小麦^[21-22]和油菜^[23]等作物中均有体现。芝麻在人工干预下的遗传改良过程中,其改良品种(系)的 DNA 遗传多样性^[24]以及叶绿素含量^[25]、湿害的抗耐性^[26]和茎点枯病抗性^[27]等单个性状的多样性均低于地方种质。本研究对 0.4% NaCl 胁迫下的 15 份改良品种(系)和 24 份地方种质的芽期耐盐性指标进行了比较分析,结果显示,改良品种(系)的相对成苗率、相对芽长和相对活力指数的变异系数均小于地方种质,相对根长和相对苗鲜重的变异系数要大于地方种质,在各指标的多样性指数方面,除相对根长之外,改良品种(系)的其余 4 项指标的多样指数均小于地方种质,NaCl 胁迫下地方种质所表现的基因型差异要大于改良品种(系),可见地方种质在耐盐性多样性上较改良品种(系)丰富,这与芝麻中其它性状的研究结果^[25-27]相类似。同时,已有的研究发现,高叶绿素含量、耐湿、抗茎点枯病的优异资源多存在于地方种质之中^[25-27],本研究聚类得到的 12 份耐盐性种质就包含 7 份地方种质。综合来看,值得我们注意和思考的是,地方种质不仅遗传基础较宽,其抗性等单个性状的多样性也较大,且地方种质中蕴含有较优异的抗耐性优异基因资源,鉴定、挖掘和利用好这些优异抗耐性资源是芝麻研究者迫切需要面对的问题,加强种质资源鉴定筛选,发掘优异基因源是芝麻产业可持续发展的关键因素之一。

参 考 文 献:

[1] 杨 湄,黄凤洪.中国芝麻产业现状与存在问题、发展趋势与对策建议[J].中国油脂,2009,34(1):7-12.

[2] 王永宏,高桐梅,司马青焕,等.我国芝麻生产优势、存在问题及对策研究[J].河南农业科学,2010,(12):133-135.

[3] 孙 建,乐美旺,饶月亮,等.江西芝麻产业现状、限制因素、发展潜力与对策分析[J].江西农业学报,2010,22(9):10-15.

[4] 郭 丽,王殿奎,王明泽,等.东北干旱盐碱地区芝麻高产栽培技术[J].黑龙江农业科学,2010,(4):28-29.

[5] 郭 峰,万书波,李新国,等.NaCl 胁迫对花生种子萌发的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):177-181.

[6] 许 兴,李树华,惠红霞,等.NaCl 胁迫对小麦幼苗生长、叶绿素含量及 Na、K 吸收的影响[J].西北植物学报,2002,22(3):278-284.

[7] 张海艳,赵延明.NaCl 胁迫对糯玉米种子发芽和幼苗生长的影响[J].植物生理学通讯,2010,46(3):291-293.

[8] 谢德意,王惠萍.NaCl 胁迫对棉花种子萌发及幼苗生长的影响[J].种子,2000,19(3):29-30.

[9] 金美芳,宋晓清.NaCl 胁迫对油菜种子萌发和幼苗生长的影响[J].种子,2009,28(9):76-79.

[10] 王广印,周秀梅,张建伟,等.NaCl 胁迫对不同黄瓜种子发芽的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):121-124.

[11] 孙 建,张秀荣,张艳欣,等.芝麻不同品种(系)耐湿性的综合评价[J].中国油料作物学报,2008,30(4):518-521.

[12] 涂玉琴,戴兴临,涂伟凤,等.芽期 PEG 模拟干旱胁迫下不同基因型甘蓝型油菜的反应差异研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(6):211-221.

[13] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication [M]. Urbana. Chicago, USA: The University of Illinois, 1949:3-14.

着密度的增加,产量反而下降,在密度 $X = 6.941$ 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 时产量有极大值 $12\,676.8\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,即本试验所设密度范围内获得最高产量的密度在 6.941 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 左右。将此密度值代入密度与各性状的函数模型中求得的植株性状指标为:穗粒数为 499.9 粒、百粒重为 38.63 g 、出籽率为 83.71% 、穗长为 17.5 cm 、株高 194 cm 、茎粗 2.14 cm 、秃顶长 1 cm 。这说明增加产量最直接有效的途径是增加穗数(即种植密度),但密度的增加必然引起群体小气候条件的恶化,使穗粒数、粒重下降,所以在一定的密度范围内,群体产量随着密度的增加而增加,超过一定范围增加密度可能导致产量降低。合理的种植密度可使个体和群体生长发育协调发展,也说明最佳产量水平的群体不是某项或几项生理指标的突出表现,而是决定于各项生理指标的适度即群体结构性能的优劣^[12-13]。

3) 本试验密度处理设置的中间水平是参考当地大田玉米常规栽培中采用的密度。从产量结果来看,产量极大值对应的密度值在 6.941 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 处,高于中间值,接近于密度处理的最大值,说明在双垄全膜沟播栽培条件下,由于其良好的增墒、保墒、增温等效应^[4,14-16],合理密植是全膜双垄沟播栽培模式获得高产的有效途径之一,也是良种配套良法的关键措施和构建高产群体的最基本条件,这一点应当在大田生产中引起重视。

致谢:陈刚同志对本文英文翻译方面给予了支持,谨致谢忱。

参 考 文 献:

- [1] 佟屏亚,程延年.玉米密度与产量因素关系的研究[J].北京农业科学,1995,(1):28-31.
 - [2] 杨世民,廖尔华,袁继超,等.玉米密度与产量及产量构成因素关系的研究[J].四川农业大学学报,2000,18(4):322-324.
 - [3] 赵化春,韩 萍.玉米栽培的适宜密度问题[J].玉米科学,2001,11(增刊):34-38.
 - [4] 赵 凡.旱地玉米全膜覆盖双垄面集雨沟播栽培技术[J].甘肃农业科技,2004,(11):23-24.
 - [5] 陈士宾.农业系统工程[M].兰州:甘肃民族出版社,1990:48-91.
 - [6] 北京农业大学.高等数学[M].北京:农业出版社,1978:37-110.
 - [7] 孙 锐,彭 畅,丛艳霞,等.不同密度春玉米叶面积系数动态特征及其对产量的影响[J].玉米科学,2008,16(4):61-65.
 - [8] Zhang J W, Hu C H, Wang K J, et al. Effects of plant density on forage nutritive value of whole plant corn[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004,3(11):842-848.
 - [9] 四川农业大学.作物栽培学(各论)[M].贵阳:贵州科技出版社,1992:205-215.
 - [10] 张 新,王振华,宋中立,等.郑单 21 不同密度与产量及构成因素关系的研究[J].玉米科学,2005,13(1):106-107.
 - [11] 赵 凡,金胜利,张光全,等.旱地全膜双垄沟播栽培条件下玉米穗部性状的数量关系研究[J].干旱地区农业研究,2011,(6):79-85.
 - [12] 赵 杨,钱春荣,王俊河,等.不同种植模式对玉米产量与农艺性状影响分析[J].中国农学通报,2012,28(9):106-109.
 - [13] 靳小利,杜 雄,刘佳丽,等.黄淮海平原北部高产夏玉米群体生理指标研究[J].玉米科学,2012,20(1):79-83.
 - [14] 赵 凡.玉米双垄面集雨全膜覆盖技术优势及应用前景[J].耕作与栽培,2005,(6):62-63.
 - [15] 赵 凡.玉米双垄全膜模式土壤水分与降水的灰色关联分析及水分利用率研究[J].干旱地区农业研究,2009,(1):89-94.
 - [16] 赵 凡,崔增团.高海拔旱作农业区全膜双垄沟播玉米肥料效应研究[J].甘肃农业大学学报,2013,48(4):62-68.
-
- (上接第 81 页)
- [14] 董玉琛,曹永生,张学勇,等.中国普通小麦初选核心种质的产生[J].植物遗传资源学报,2003,4(1):1-8.
 - [15] Azhdari G, Tavili A, Zare M A. Effects of various salts on the germination of two cultivars of *Medicago sativa*[J]. Frontiers of Agriculture In China, 2010,(1):63-68.
 - [16] 晋丽娟,张文辉,王 涛. NaCl 胁迫对花棒种子萌发的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(3):150-153.
 - [17] 肖 望,黄日旺,刘映莲,等. NaCl 胁迫对冬瓜种子萌发及幼苗生长的影响[J].种子,2009,28(8):93-96.
 - [18] 宋兆伟,郝丽珍,文 静,等. NaCl 对斧翅沙芥种子萌发的影响[J].华北农学报,2010,25(2):172-177.
 - [19] 孟红梅,韩多红,李彩霞,等. NaCl 胁迫对板蓝根种子萌发的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(1):213-216.
 - [20] 张 军,赵团结,盖钧镒,等.中国东北大豆育成品种遗传多样性和群体遗传结构分析[J].作物学报,2008,34(9):1529-1536.
 - [21] Hao Chenyang, Wang Lanfen, Zhang Xueyong, et al. Genetic diversity in Chinese modern wheat varieties revealed by microsatellite markers[J]. Science in China Series C - Life Science, 2006,49(3):218-226.
 - [22] 赵 亮,田纪春.山东省不同年代小麦推广品种遗传多样性的 AFLP 分析[J].分子植物育种,2007,5(3):403-411.
 - [23] 文雁成,王汉中,沈金雄,等.用 SRAP 标记分析中国甘蓝型油菜品种的遗传多样性和遗传基础[J].中国农业科学,2006,39(2):246-256.
 - [24] 孙 建,张秀荣,张艳欣,等.中国芝麻主要品种遗传多样性特点及遗传基础演变[J].中国农业科学,2009,42(10):3421-3431.
 - [25] 孙 建,刘红艳,赵应忠,等.芝麻种质资源叶绿素含量的多样性分析[J].江西农业学报,2009,21(12):5-9.
 - [26] 孙 建,张秀荣,张艳欣,等.不同株型芝麻种质湿害后产量性状研究及耐湿性评价[J].植物遗传资源学报,2010,11(2):139-146.
 - [27] 周红英,孙 建,饶月亮,等.芝麻种质资源茎点枯病抗性鉴定研究[J].江西农业学报,2013,25(10):57-59.