

小麦品种资源耐盐性鉴定

王萌萌¹, 姜奇彦², 胡正², 张辉², 樊守金¹, 冯沥², 张海玲²

(¹ 山东师范大学生命科学学院, 济南 250014; ² 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:按照农业部行业标准 NY/PZT001-2002, 对 882 份小麦品种资源进行耐盐性初步鉴定, 筛选出芽期耐盐性为一级的品种 328 份, 苗期和芽期都达到中度耐盐的品种 43 份。这些品种中很多既具有中度或中度以上耐盐性且具有高产优质等优异特性, 如小偃 22、新曙光 1 号等, 为小麦耐盐育种提供重要信息。相关分析表明, 不同耐盐级别的小麦品种其芽期和苗期耐盐性并没有一致的相关关系, 二者并没有可比性, 在耐盐种质筛选过程中, 都有其本身的意义。

关键词:小麦; 耐盐性鉴定; 芽期; 苗期

Evaluation for Salt Tolerance of Wheat Cultivars

WANG Meng-meng¹, JIANG Qi-yan², HU Zheng², ZHANG hui², FAN Shou-jin¹, FENG li², ZHANG Hai-ling²

(¹ College of Life Science, Shandong Normal University, Jinan 250014;

² Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Based on the industry standard NY/PZT001-2002 of Ministry of Agriculture, 882 wheat varieties were evaluated for salt tolerance at the germination stage and the seedling stage. Among varieties tested, 328 wheat cultivars with salt tolerance grade 1 were identified at the germination stage, and 43 cultivars were medium salt tolerance at both the germination stage and the seedling stage. Besides the salt tolerance, some varieties, such as Xiaoyan22, Xinshuguang 1 etc., were high yield and high quality. The excellent salt tolerance germplasm screened in this study provides the genetic materials for wheat breeding to improve salt tolerance. Correlation analysis of wheat varieties with salt tolerance grade 1 and 2 at the germination stage showed that significant negative correlation existed between the germination stage and the seedling stage for salt tolerance, while no correlation existed at both stages for wheat varieties with salt tolerance grade 3, 4 and 5, indicating that evaluation of the wheat salt tolerance at the germination stage had the same significance as that at the seedling stage in screening of wheat germplasm with salt tolerance.

Key words: Wheat; Salt tolerance; Germination; Seedling

高盐环境严重影响植物的生长和发育, 是造成作物减产的主要原因之一。全球灌溉土地面积中, 约 50% 的土地在不同程度地遭受着土壤盐碱化的危害, 土壤盐碱化已成为全球性的问题^[1]。我国盐碱化土壤占我国土壤总面积的 8%, 是世界上盐碱土较多的国家之一, 土地盐碱化形势十分严峻。为了合理开发和利用盐碱土地资源, 人们进行了不懈的努力, 采取了多种措施。在盐碱地利用的众多方式中, 筛选利用耐盐植物新品种是改良盐碱地最经

济有效的方法之一^[2-3]。

小麦 (*Triticum aestivum* L.) 是世界上最主要的粮食作物之一, 在我国 2006 年的栽培面积占到禾谷类作物的 27.9%^[4], 所以小麦生产与人们的生活息息相关, 其耐盐资源的研究更加具有现实意义。我国从“六五”开始, 就开展了小麦的大规模耐盐性鉴定工作。“六五”至“七五”期间, 河北省农科院组织 5 家单位, 由河北省粮油作物所牵头, 对国内外上千份小麦资源进行了 7 年的耐盐、

收稿日期: 2011-08-12 修回日期: 2011-11-03

基金项目: 农业部农作物种质资源保护与利用项目 (NB2010-2130135)

作者简介: 王萌萌, 硕士研究生, 主要从事农作物种质资源抗逆鉴定与评价、转基因作物环境安全评价。E-mail: wmmtyj@163.com

通讯作者: 张辉, 博士, 研究员。主要从事农作物种质资源抗逆鉴定与评价。E-mail: zhang_hui@mail.caas.net.cn

抗旱、抗寒和抗病性鉴定。其中耐盐性鉴定是以盐池播种为盐处理,以大田正常播种为对照处理,从1759份小麦品种资源材料中,筛选出397份耐盐材料^[5]。“八五”期间,对900余份小麦育种材料筛选鉴定,筛选出耐盐性较好的品种(系)61份,包括我们现在做小麦耐盐性鉴定经常被用作对照的耐盐材料茶淀红麦^[6]。近年来又有学者对来自于西藏^[7]、新疆^[8-9]、黑龙江^[10]以及从国外引进的小麦品种^[11]进行了小规模耐盐种质的鉴定。除了普通小麦品种,还有学者在小麦与其近缘种的杂交后代材料中筛选耐盐性突出的材料,丰富了小麦耐盐种质资源^[12]。

国外学者也是通过对小麦进行大规模耐盐性鉴定来初步筛选耐盐种质资源。Sayed等^[13]对5072份小麦种质资源进行耐盐性鉴定,包括不同倍性的春小麦和黑麦,仅有3%的材料可以耐受25 dS/m的盐胁迫。Kingsbury和Epstein^[14]对5000多份六倍体小麦用海水处理,筛选到芽期耐盐的小麦品种312份,全生育期耐盐的小麦品种29份。近年来,对小麦耐盐性鉴定多集中在提高鉴定准确率方面,采用多参数结合农艺性状、表型性状、生理指标等综合评价,对少量材料进行精准鉴定^[15-19]。

然而,我国能够高效用于耐盐碱品种培育的小

$$\text{相对盐害率}(\%) = \frac{(\text{CK}_1 + \text{CK}_2 + \text{CK}_3) / 3 \times 100 - (\text{T}_1 + \text{T}_2 + \text{T}_3) / 3 \times 100}{(\text{CK}_1 + \text{CK}_2 + \text{CK}_3) / 3 \times 100} \times 100\%$$

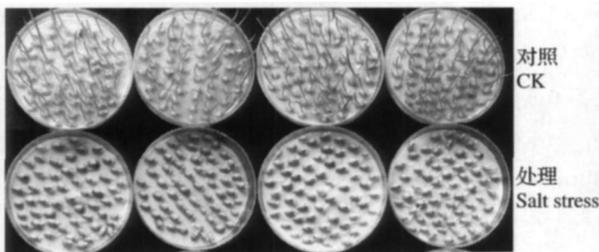


图1 芽期耐盐鉴定

Fig. 1 Evaluation of salt tolerance at the germination stage

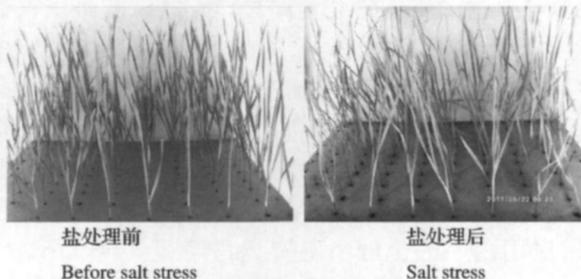


图2 苗期耐盐鉴定

Fig. 2 Evaluation of salt tolerance at the seedling stage

$$\text{盐害指数}(\%) = \frac{\sum(0 \text{ 类苗数} \times 0 + 1 \text{ 类苗数} \times 1 + 2 \text{ 类苗数} \times 2 + 3 \text{ 类苗数} \times 3 + 4 \text{ 类苗数} \times 4 + 5 \text{ 类苗数} \times 5)}{5 \text{ 级} \times 100} \times 100$$

麦资源仍然十分缺乏,还需要大规模筛选鉴定。本研究利用农业部行业标准对从全国各地收集的882份小麦种质资源进行了芽期和苗期的耐盐性鉴定,将为我国小麦耐盐鉴定、耐盐育种和耐盐机理等研究提供重要信息。

1 材料与方法

1.1 供试品种

中国农业科学院作物科学研究所检疫基地从全国各地收集国家种质库中没有库存的小麦品种(系)882份,这些材料在入库之前,要进行耐盐性初步鉴定。

1.2 小麦芽期耐盐性鉴定方法

按照农业部行业标准 NY/PZT001-2002《小麦耐盐性鉴定评价技术规范》进行。试验设1个对照和1个处理,重复3~4次,每次重复用种20~30粒。将准备好的种子均匀放在直径为9cm的塑料培养皿中的滤纸上,处理组每个培养皿中加入350mmol/L化学纯NaCl(2%)溶液5ml,在培养箱内20℃恒温发芽14d。对照组每个培养皿中加入去离子水5ml,培养箱内20℃恒温发芽7d。调查处理组和对照组的发芽情况(图1),根据下列公式计算相对盐害率,并分级。

公式中CK₁、CK₂、CK₃分别代表对照重复I、重复II、重复III的发芽率。T₁、T₂、T₃分别代表处理重复I、重复II、重复III的发芽率。

1.3 小麦苗期耐盐性鉴定方法

根据农业部 NY/PZT001-2002《小麦耐盐性鉴定评价技术规范》的标准方法,实验设1个处理2次重复,每次重复20株苗。在光照培养箱内,将生长至1叶期的60株麦苗移植到带孔的泡沫板上,将泡沫板浮漂在内装Hoagland营养液的0.5m×0.4m×0.3m塑料培养盒中,待麦苗长到2叶1心时,开始盐胁迫处理,不断调整培养液,使其电导率始终维持在(30±1) dSPm(约为300mmol/L NaCl)的胁迫强度下。20℃恒温,10h光照14h黑暗条件下水培20d后,调查幼苗生长情况(图2)。根据生长状况将苗情分为6类(表1),按下列公式计算盐害指数,并确定各材料的耐盐等级(表2)。

表 1 盐处理后的苗情分类标准

Table 1 The classification standard of seedling after salt stress

级别 Grade	分级标准 Grading standard
0	生长正常, 无受害症状
1	生长基本正常, 个别叶片变黄或叶尖青枯
2	生长基本正常, 有 3 片绿叶
3	生长受抑制, 有 2 片绿叶
4	严重受害, 仅有 1 片绿叶或仅心叶存活
5	植株枯死或接近死亡

表 2 小麦芽期和苗期耐盐性分级标准

Table 2 Grade standard of salt tolerance at the germination stage and the seedling stage

级别 Grade	耐盐性 Salt tolerance	芽期相对盐害率 (%) Relative salt harm rate	苗期盐害指数 (%) Salt harm index
1	高耐	0 ~ 20.0	0 ~ 20.0
2	耐盐	20.1 ~ 40.0	20.1 ~ 40.0
3	中耐	40.1 ~ 60.0	40.1 ~ 60.0
4	敏感	60.1 ~ 80.0	60.1 ~ 80.0
5	高感	80.1 ~ 100.0	80.1 ~ 100.0

2 结果与分析

2.1 小麦芽期耐盐性分析

2004 - 2011 年完成了 882 份小麦品种的芽期耐盐性鉴定, 其中耐盐性为 1 级的品种 328 份、2 级 261 份、3 级 208 份、4 级 74 份、5 级 11 份, 分别占鉴定总数的 37.19%、29.59%、23.58%、8.39%、1.25% (表 3)。芽期耐盐性为一级的品种中相对盐害率小于 1 的品种就有 11 个 (表 4)。芽期耐盐性分为 4 种类型, 第一种类型是盐水与淡水条件下品种的发芽率都一样, 且发芽率都比较高, 共 5 个品种, 分别是欧柔、东白塔 1 号、陕农 21-24、小偃 96、矮秆早。第二种类型是相对盐害率大于 0 小于 1, 这种类型的有 6 个品种, 分别是农大 45、内乡 19、冀 84 - 5418、金光麦、南大 2419、新曙光 1 号, 这两种类型都属于芽期高耐盐品种。第三种类型是盐水条件下的发芽率远低于淡水发芽率, 属于芽期高敏感类型, 耐盐性最低的品种是和尚麦, 淡水发芽率为 98%, 而盐水发芽率仅为 4%。第四种类型占绝大多数, 相对盐害率从 1.35 到 88, 说明不同小麦品种之间芽期耐盐性存在巨大差异, 通过芽期耐盐性鉴定, 筛选高度耐盐种质的潜力是很大的。

分析小麦种子淡水发芽率与盐水发芽率的相关性, 得到 Pearson 相关系数为 0.429, 二者达到极显

表 3 参试小麦材料芽期、苗期耐盐性鉴定

Table 3 Wheat varieties identified of salt tolerance at the germination stage and the seedling stage

耐盐等级 Grade	芽期品种数(百分比) Varieties at germination stage	苗期品种数(百分比) Varieties at seedling stage
1	328(37.19%)	0(0)
2	261(29.59%)	3(0.34%)
3	208(23.58%)	50(5.67%)
4	74(8.39%)	524(59.41%)
5	11(1.25%)	305(34.58%)
合计 Total	882(100%)	882(100%)

表 4 芽期相对盐害率小于 1% 的耐盐品种

Table 4 The salt tolerance varieties (Relative salt harm rate < 1%) at the germination stage

品种名称 Varieties	相对盐害率 (%) Relative salt harm rate	芽期耐盐级数 Grade	品种名称 Varieties	相对盐害率 (%) Relative salt harm rate	芽期耐盐级数 Grade
欧柔	0	1	内乡 19	0.83	1
东白塔 1 号	0	1	冀 84 - 5418	0.83	1
陕农 21-24	0	1	新曙光 1 号	0.85	1
小偃 96	0	1	南大 2419	0.85	1
矮秆早	0	1	金光麦	0.93	1
农大 45	0.83	1			

著水平 ($P < 0.01$) (表 5), 说明各个品种在盐水条件下的发芽率与在淡水条件下的发芽率呈极显著正相关关系。

表 5 相关性分析结果

Table 5 Results of correlation analysis

分析对象 Variables analyzed	Pearson 相关性 Correlation	显著性(双侧) Significance	样本量 N
对照发芽数 - 盐处理发芽数	0.429 **	6.71E-80	882
芽期耐盐级数 - 苗期耐盐级数	-0.199 **	2.62E-09	882
芽期耐盐级数 - 苗期耐盐级数(1、2 级)	-0.112 **	0.0064	589
芽期耐盐级数 - 苗期耐盐级数(3、4、5 级)	0.0814	0.17	293

2.2 小麦苗期耐盐性分析

2004 - 2011 年完成了 882 份小麦品种的苗期耐盐性鉴定, 其中耐盐性为 1 级的品种 0 份、耐盐性为 2 级的品种 3 份、3 级 50 份、4 级 524 份、5 级 305

份,分别占鉴定总数的0.034%、5.67%、59.41%、34.58%(表3)。敏感(4级)品种占鉴定总数的一半以上(59.41%),而苗期耐盐(2级)品种仅3份,所占鉴定总数的比例极小(0.34%),它们分别是兰考906、YW243、P2。中度耐盐(3级)的品种50份。小麦苗期是对盐胁迫最敏感的时期,但仍然能选择到盐处理后苗情为0级的品种,表现为生长正常,无任何受害症状,这样的品种共6个,分别是唐辐6017、唐85-5032、兰考906、科农1号、YW243、黑芒麦,它们苗期耐盐级别2级或者3级。而盐处理后全部死亡的品种有3个,其苗期耐盐性最低,分别是济宁3号、克珍、陕76(15)9-29。

2.3 小麦芽期与苗期耐盐性比较

本研究共鉴定小麦品种882份,其中芽期高耐盐(1级)品种328份,而苗期高耐盐品种0份。苗期耐盐(2级)品种也只有3份,兰考906、YW243和P2。其中兰考906和YW243的芽期与苗期耐盐级别同时达到2级,为两个时期都耐盐的品种。芽期和苗期都达到中度耐盐(3级)的品种有43份

(表6)。小麦芽期的耐盐能力远远强于苗期,分析芽期与苗期耐盐级别的相关性,得出Pearson相关系数为-0.199,达极显著水平($P < 0.01$) (表5)。用SigmaPlot10.0拟合芽期相对盐害率和苗期盐害指数的关系并绘图,二者之间呈负相关关系(图3,拟合方程: $y = -0.1149x + 79.8361$ ($n = 882$, $P < 0.0001$))。如果将本研究中参试的882份小麦品种根据芽期耐盐级别分为两类,一类是耐盐级别为1级和2级的品种,另一类是耐盐级别为3级、4级和5级的品种,两类品种分别进行芽期耐盐级别和苗期耐盐级别的相关性分析。结果表明,芽期耐盐级别是1级和2级的品种,其芽期耐盐性和苗期耐盐性表现为极显著负相关($r = -0.112^{**}$, $P < 0.01$, $n = 589$),而芽期耐盐级别是3级、4级和5级的品种,其芽期耐盐性和苗期耐盐性没有显著相关关系($r = 0.0814$, $P > 0.05$, $n = 293$)。所以小麦品种的芽期耐盐级别与苗期耐盐级别并没有可比性,其本身各有意义。

表6 芽期和苗期中度及中度以上耐盐品种

Table 6 The salt tolerance varieties at the germination stage and the seedling stage

品种名称	相对盐害率(%)	芽期耐盐级数	苗期耐盐指数(%)	苗期耐盐级数	品种名称	相对盐害率(%)	芽期耐盐级数	苗期耐盐指数(%)	苗期耐盐级数
Varieties	Relative salt harm rate	Grade	Salt harm index	Grade	Varieties	Relative salt harm rate	Grade	Salt harm index	Grade
兰考906	22.22	2	34	2	绵阳82-36	29.31	2	57	3
YW243	40.00	2	39	2	唐麦1号	35.34	2	57	3
P2	49.57	3	56	2	第五区20	20.83	2	60	3
扬麦6号	1.67	1	51	3	沧州1号	33.61	2	54	3
钟山13号	10.83	1	51	3	鲁麦14	25.86	2	54	3
华麦7号	5.83	1	60	3	郑洲8915	40.00	2	59	3
小偃22	8.74	1	60	3	绵阳81-5	30.25	2	59	3
T-32	11.54	1	51	3	科农2号-5	42.37	3	50	3
钟山12号	13.33	1	52	3	白玉花3	44.54	3	54	3
青春2号	12.82	1	53	3	山农0431	41.11	3	59	3
普通小麦	5.83	1	54	3	京双9号	45.38	3	59	3
扁穗7	16.81	1	54	3	石家庄52	55.08	3	59	3
碧玛1号	2.86	1	55	3	宁麦资65	55.77	3	59	3
莆麦1号	11.67	1	56	3	唐85-5032	54.62	3	48	3
新南大2419	9.17	1	57	3	忻79-2060	41.03	3	55	3
短穗14	3.39	1	58	3	西鉴81	57.63	3	57	3
宁8514	12.50	1	59	3	错大老壳	53.78	3	54	3
晋麦71	13.33	1	59	3	唐辐6017	41.88	3	60	3
宜麦1号	10.08	1	60	3	紫麦	44.83	3	60	3
科农1号	28.57	2	44	3	胜利红	48.33	3	60	3
小红	35.29	2	59	3	早穗18	52.99	3	60	3
八地驼	32.50	2	54	3	衡水6404	54.24	3	60	3
农大199	33.33	2	54	3	黑芒麦	45.00	3	52	3

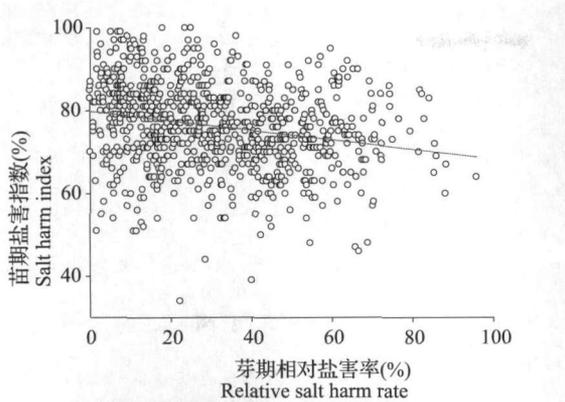


图3 芽期相对盐害率和苗期盐害指数的关系
Fig. 3 The correlations of relative salt harm rate at the germination stage and salt harm index at the seedling stage

3 结论与讨论

3.1 耐盐品种的筛选

本研究筛选到芽期耐盐性为 1 级的品种有 328 份, 这些品种中大多具有优质高产、早熟抗病、适应性广等优异性状, 如小偃 22、新曙光 1 号等; 有些品种除了这些优异特性外, 还具有抗病特性, 如丰抗 10 号、丰抗 2 号; 有些品种具有一般配合力高的特性, 如南大 2419^[20]。这些品种具有优异的遗传背景以及较高的耐盐性, 可以为耐盐新品种培育提供优异的种质资源。

通过苗期耐盐性鉴定筛选到 3 个耐盐品种(2 级), 其中兰考 906 和 YW243 在芽期和苗期耐盐级别都达到了 2 级, 属于 2 个时期皆为耐盐的品种(表 6)。小麦品种兰考 906 属于高产优质品种, 且对小麦多种病害具有抗性。品种 YW243 还具有抗黄矮病的特性^[20]。

耐盐性为 3 级的品种属于中度耐盐, 苗期为中度耐盐的品种共 50 个, 而这些品种中, 芽期耐盐级别也同时达到至少为 3 级的品种共 43 个(表 6), 这些品种属于在两个时期皆为中度耐盐的品种。其中芽期耐盐级别为 1 级的有 16 个品种, 芽期耐盐级别为 2 级的有 11 个品种, 芽期耐盐级别为 3 级的有 16 个品种(表 6)。这些品种中有些是具有高产优质、抗逆性强等优异背景的大面积推广品种, 如小偃 22 等, 有些是新品种培育过程中形成的品系, 如第五区 20 等, 还有些是地方品种, 如紫麦等。这些通过芽期和苗期耐盐性鉴定, 初步筛选到的耐盐性相对较强的小麦品种将为我国的小麦耐盐育种提供重要信息。

3.2 芽期耐盐性鉴定与种子活力的关系

根据每份材料在正常条件和盐胁迫条件下的发芽率, 计算相对盐害率并分级作为衡量一个品种芽期耐盐性高低的标。有的研究表明, 盐水条件下的发芽率与淡水条件下的发芽率无相关关系^[19], 研究者认为各个品种在盐水条件下的发芽率并非取决于本身在淡水条件下的发芽率, 而在很大程度上取决于本身的耐盐能力。本研究中发现盐水条件下的发芽率与淡水条件下的发芽率呈极显著正相关(表 4)。在大豆芽期耐盐性鉴定过程中, 也发现了同样的规律。这个不难理解, 各品种在淡水中的发芽率反应了该品种的种子活力, 种子活力比较高的品种盐水条件下发芽率也相对高, 种子活力比较低的品种盐水条件下发芽率也相对低, 所以盐处理条件下的发芽率不但与品种耐盐性有关, 还与品种种子活力有关, 而种子活力过低也会影响耐盐性鉴定的结果。所以, 衡量小麦品种芽期耐盐性, 除了综合考虑正常条件下的发芽率和盐胁迫条件下的发芽率外, 还要考虑种子的活力。要尽量选择新收获的, 具有正常种子活力的种子, 进行芽期耐盐性鉴定。

3.3 芽期和苗期耐盐性鉴定的相关性

植物的整个生育时期, 芽期和苗期对盐分最为敏感, 其他各生育时期对盐分耐力相对较强^[6]。生产上存在的实际问题是种子在盐碱地表层土壤中能否发芽出土, 幼苗能否正常存活, 而以后各生育阶段可通过采取有效的田间管理措施加以缓解, 同时苗期也是盐碱伤害最敏感的时期, 之后随生育阶段的增进, 盐害有减轻的趋势^[22]。因此, 一般采用芽期和苗期鉴定为主, 确定材料的耐盐性。但有研究表明, 芽期的耐盐性和苗期的耐盐性之间不存在严格的相关性^[5, 11, 22-23]。而本研究发现小麦芽期耐盐性与苗期耐盐性呈极显著负相关($r = -0.199^{**}$, $P < 0.01$, $n = 882$)。李星华等^[23]仅对芽期和苗期都耐盐的品种进行两个生育阶段耐盐性相关分析, 结果二者表现为极显著的负相关($r = -0.5046^{**}$), 表明芽期耐盐性强的品种苗期耐盐性一般较弱。如果将本研究中参试的 882 份小麦品种根据芽期耐盐级别分为两类, 一类是耐盐级别为 1 级和 2 级的品种, 另一类是耐盐级别为 3 级、4 级和 5 级的品种, 两类品种分别进行芽期耐盐级别和苗期耐盐级别的相关性分析。不同耐盐级别的小麦品种其芽期和苗期耐盐性并没有一致的相关关系, 所以在小麦耐盐品种的选择过程中, 芽期、苗期耐盐性要分别考虑, 都有其本

身的意义。

有的学者研究认为,芽期鉴定由于鉴定指标单一(以芽长超过种子长度的一半为标准)在群体中的高抗株与中间类型植株难以明确区分开^[24]。而有些学者认为盐胁迫下植物种子发芽的情况是表征耐盐能力的重要依据之一,并且与植物的生长相比,种子萌发更易遭受盐害^[25]。此外,品种的发芽率能有效地指示其芽期耐盐能力,发芽率对于小麦芽期耐盐性评价较为可靠^[26-27],且相对盐害率能反映品种的耐盐能力^[28]。所以,较强的芽期耐盐性是盐渍地区小麦品种必须优先具备的特性,是保证小麦出苗的基础。小麦苗期是小麦一生耐盐性最薄弱的阶段,通过这个时期筛选到的耐盐种质所占比例会比较小,但是对于生产实际来说,苗期的耐盐性更重要。因为在我国北方冬麦、春麦区,播种季节土壤盐分处于地下较深层,对小麦种子吸水发芽影响相对较小,而出苗后多数麦区正是土壤返盐的时期,对小麦苗期生长有明显的影响,苗期耐盐性是保证苗全、苗齐的基础。因此,小麦苗期的耐盐性对小麦生产实践有现实意义。

对于大量种质资源的初步耐盐品种的筛选,芽期和苗期的耐盐性鉴定都是必不可少的,而这也是简单易行、快速有效的方法。除此之外,还要在盐碱地上进行全生育期的耐盐性鉴定。对于耐盐种质的精准耐盐鉴定评价,还要结合生理生化指标的比较和耐盐分子标记加以辅助,从而提高耐盐鉴定的准确性和效率,最终筛选到高效用于耐盐碱品种培育的小麦资源。

参考文献

- [1] 丁海荣,洪立洲,杨智清,等. 盐碱地及其生物措施改良研究现状[J]. 资源与环境科学, 2010(6): 299-301
- [2] Bai R Q, Zhang Z Y, Hu Y C, et al. Improving the salt tolerance of Chinese spring wheat through an evaluation of genotype genetic variation [J]. Austr J Crop Sci, 2011, 5(10): 1173-1178
- [3] 时津霞,乔永利,杨庆文,等. 以色列野生二粒小麦(*Triticum dicoccoides*)耐盐性鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(4): 369-373
- [4] 王述民,李立会,黎裕,等. 中国粮食和农业植物遗传资源状况报告(I) [J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(1): 1-12
- [5] 李兴普,孙凤瑞. 小麦遗传资源多抗性鉴定[J]. 作物品种资源, 1995(1): 36-37
- [6] 朱志华,昌小平,宋景芝,等. 耐盐性鉴定及其研究[M]//庄巧生,杜振华. 中国小麦育种研究进展. 北京: 中国农业出版社, 1996: 287-283
- [7] 郭宝生,杨凯,宋景芝,等. 西藏小麦耐盐性鉴定及分析[J]. 植物遗传资源科学, 2001, 2(2): 36-39
- [8] 李建疆,梁晓东,金平. 新疆主要春小麦品种耐盐性鉴定[J]. 新疆农业科学, 2007, 44(S1): 78-80
- [9] 任崴,罗廷彬,马林,等. 新疆耐盐冬小麦新品系耐盐特性的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(1): 261-264
- [10] 高长宇,梁洪艳,杨德光. 黑龙江省春小麦品种(系)耐盐性评价[J]. 作物杂志, 2007, (6): 54-56
- [11] 马雅琴,翁跃进. 引进春小麦种质耐盐性的鉴定评价[J]. 作物学报, 2005, 31(1): 58-64
- [12] 刘旭,史娟,张学勇,等. 小麦耐盐种质的筛选鉴定和耐盐基因的标记[J]. 植物学报, 2001, 43(9): 948-954
- [13] Sayed H I, Mashhady A S, Abdul-Aziz H. Screening for salinity tolerance in wheat [C]// Kyoto: Proc 6th Int Wheat Genet Symp, 1984, 383-387
- [14] Kingsbury R W, Epstein E. Selection for salt-resistant spring wheat [J]. Crop Sci, 1984, 24(2): 310-315
- [15] 孙永媛,肖凯,王冬梅,等. 不同小麦品种苗期的耐盐性鉴定及其相关生理参数研究[J]. 河北农业大学学报, 2010, 33(6): 84-90
- [16] El-Hendawy S E, Hu Y, Yakout G M, et al. Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters [J]. Europ J Agronomy, 2005, 22: 243-253
- [17] Goudarzi M, Pakniyat H. Evaluation of wheat cultivars under salinity stress based on some agronomic and physiological traits [J]. J Agri Soc Sci, 2008, 4: 35-8
- [18] Benderradji L, Brini F, Ben Amar S, et al. Sodium transport in the seedlings of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes showing contrasting salt tolerance [J]. Aust J Crop Sci, 2011, 5: 233-238
- [19] El-Hendawy S E, Ruan Y, Hu Y C, et al. A comparison of screening criteria for salt tolerance in wheat under field and environment controlled conditions [J]. J Agron Crop Sci, 2009, 195: 356-367
- [20] 庄巧生. 中国小麦品种改良及系谱分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003
- [21] 焦广音,任建华,逯贵生,等. 绿豆品种资源耐盐性鉴定与研究[J]. 作物品种资源, 1997(2): 38-40
- [22] 邵桂花,宋景芝. 大豆种质资源耐盐性鉴定初报[J]. 中国农业科学, 1986(6): 30-35
- [23] 李星华,陈婉妹,李增禄. 山东大豆种质资源耐盐性鉴定[J]. 山东农业科学, 1996(4): 11-13
- [24] 车克鹏. 小麦品种茶淀红抗盐基因的分子标记[D]. 中国农业科学院, 1999
- [25] 郭晓丽,时丽冉,白丽荣,等. 不同小麦品种的耐盐性研究[J]. 江苏农业科学, 2008(4): 43-45
- [26] 赵锁芳,冀延玲. 小麦耐盐性鉴定指标及其分析评价[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(6): 80-85
- [27] 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
- [28] 郭望模,傅亚萍,孙宗修,等. 盐胁迫下不同水稻种质形态指标与耐盐性的相关分析[J]. 植物资源遗传学报, 2003, 4(3): 245-251