

东北粳稻芽期耐盐碱性差异研究

王志欣, 邹德堂, 刘华龙, 王敬国, 马 婧
(东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150010)

摘要:为选育耐盐碱水稻品种,以东北三省耐盐碱性不同的 40 份粳稻为试验材料,在 3 个盐碱胁迫处理(25、50、75 mmol·L⁻¹ NaHCO₃)下进行芽期耐盐碱性筛选试验。结果表明:在同一盐碱胁迫处理下,不同水稻品种间表现耐盐碱程度不同;在不同盐碱胁迫处理下,随着盐碱处理浓度的增加,不同水稻品种的发芽率、芽长、根数、根长、干重呈下降趋势。通过试验筛选出长白 10 号、通 88-7、农大 3 号、富源 4 号和通育 318 共 5 个耐盐碱性较强的水稻品种(系)。
关键词:东北粳稻;芽期;耐盐碱性
中图分类号:S511 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2012)08-0006-06

水稻是全世界主要的粮食作物,水稻的种植面积占粮食作物总面积的 30%左右,稻谷产量则占粮食总产量的 40%以上,全世界约 60%以上人口以其为主食^[1]。土壤盐渍化是盐碱稻作区水稻生产稳定发展的主要限制因素,在影响作物产量的各种环境因素中土壤盐渍化所造成的减产量高达 40%以上^[2]。为了满足人们日益增长的粮食需求、保障粮食安全,应该在现有的土地资源基础上开发利用盐渍化土壤。因此,对于盐碱地区的土壤改良、耐盐碱新品种的选育迫在眉睫。黑龙江省是我国重要的商品粮生产基地,更是北方寒地粳稻的重要栽培区域,生产状况直接关系到国家粮食安全问题^[3-4]。黑龙江省盐碱土总面积约为 147 万 hm²,其中盐碱土的耕地面积为 56 万 hm²,主要集中分布在安达、肇州、肇源、杜蒙、林甸、大庆、龙江和泰来等市县^[5]。黑龙江省地处松嫩平原,盐碱地区的土壤类型主要为苏打盐碱土,其主要成分为 Na₂CO₃ 和 NaHCO₃。前人大多数以籼稻和部分粳稻为研究对象,利用 NaCl 和 Na₂CO₃ 溶液模拟盐碱胁迫环境^[6-7],探讨水稻耐盐碱性差异,而针对苏打盐碱土中的主要成分 NaHCO₃ 模拟盐碱胁迫下水的研究较少,尤其是针对黑龙江特有的寒地粳稻。因此,该文利用

NaHCO₃ 溶液对水稻芽期进行胁迫处理,探讨盐碱胁迫下东北粳稻各品种间的发芽率、芽长、根数、根长和干重的差异性,以期通过耐盐碱种质资源的筛选对东北粳稻进行耐盐碱性鉴定和评价,从而为耐盐碱品种的改良提供材料,为盐碱地水稻生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

对 268 份东北粳稻进行苗期耐盐碱性田间鉴定后,选出的综合性状优良的 40 份品种(系)作为试验材料(见表 1)。

表 1 供试品种的编号及名称
Table 1 Number and name of tested materials

编号 No.	品种(系) Variety(Line)	编号 No.	品种(系) Variety(Line)
1	垦 06-792	21	东农 429
2	龙粳 8 号	22	长白 10 号
3	龙粳 12	23	长白 9 号
4	龙花 04-050	24	通 88-7
5	龙交 04-2637	25	吉粳 82
6	龙生 01-107	26	富源 4 号
7	龙育 05-158	27	农大 3 号
8	龙品 02011-2	28	通育 318
9	龙丰 05-191	29	莲香 1 号
10	龙组 01-4160	30	建 02-8
11	龙糯 1 号	31	强化 1 号
12	绥粳 5 号	32	短五
13	绥 7365	33	双 07-长 2
14	农大 04-006	34	双 03-002
15	牡丹江 26	35	日本软稻
16	松粳 9 号	36	北 96-11
17	松 02-811	37	辽盐 6 号
18	稻花香	38	盐粳 68
19	富士光	39	沈稻 3 号
20	龙稻 4 号	40	8E-95

收稿日期:2012-05-22
基金项目:“十二五”农村领域国家科技计划资助项目(2011BAD35B02-01);国家科技支撑计划资助项目(2011BAD16B111)
第一作者简介:王志欣(1987-),女,黑龙江省青冈县人,在读硕士,从事水稻遗传育种研究。E-mail: wangzhixin318@163.com。
通讯作者:邹德堂(1965-),男,黑龙江省铁力市人,教授,博士研究生导师,从事水稻遗传育种研究。E-mail: zoudt@163.com。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 采用3种盐碱浓度处理,分别为T1($25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$)、T2($50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$)、T3($75 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$),同时以蒸馏水为对照(CK)。每份材料挑选50粒饱满的种子放入 45°C 恒温箱中,处理48 h,使种子打破休眠,用3%的次氯酸钠溶液浸泡30 min,用自来水冲洗3次后,放置于垫有滤纸的口径为9 cm的培养皿中。在培养皿里分别加入不同处理的溶液10 mL,加盖后,放入 30°C 的恒温培养箱中,3次重复^[5]。7 d调查发芽粒数,并计算发芽率,10 d后测量芽长、根数、根长、干重。

1.2.2 相关指标的测定及计算方法 发芽率/% = $\frac{7 \text{ d内发芽种子粒数}}{\text{供试种子总粒数}} \times 100$; 相对盐碱伤害率/% = $\frac{\text{目标性状对照值} - \text{目标性状盐碱胁迫值}}{\text{目标性状对照值}} \times 100$

干重测定:经 105°C 杀青30 min,在 80°C 烘箱中烘干至恒重,每个品种考察10株,计算其平均数。

采用Microsoft Excel和SPSS统计软件对原始数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 盐碱胁迫对水稻芽期发芽率的影响

由图1可知,盐碱胁迫对不同水稻发芽率均有一定程度的影响。结果表明,同一品种胁迫处理间的发芽率差异极显著($F=308.67, P<0.01$),同一浓度处理不同水稻品种间的发芽率差异极显著($F=3.05, P<0.01$)。随着 NaHCO_3 胁迫浓度的增加,与对照相比,T1、T2、T3处理下不同品种的发芽率显著下降,相对碱害率呈现上升趋势。T1处理对水稻的发芽率影响较小,平均发芽率为82.21%,相对盐碱害率为12.50%;T2处理下平均发芽率降至57.05%,相对碱害率为39.33%。T3处理下平均发芽率降至30.42%,相对碱害率为67.59%。由图1可以看出,编号12、13、22、23、24、27和28的品种(系)下降幅度相对较小,受盐碱胁迫影响小。

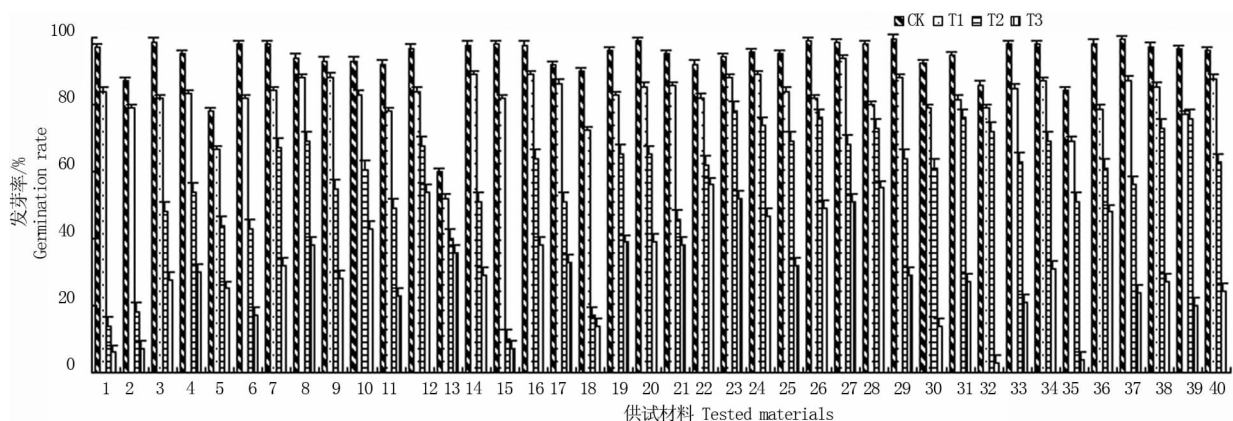


图1 不同浓度 NaHCO_3 处理对水稻发芽率的影响

Fig.1 Effect of different concentrations of NaHCO_3 on germination rate of rice

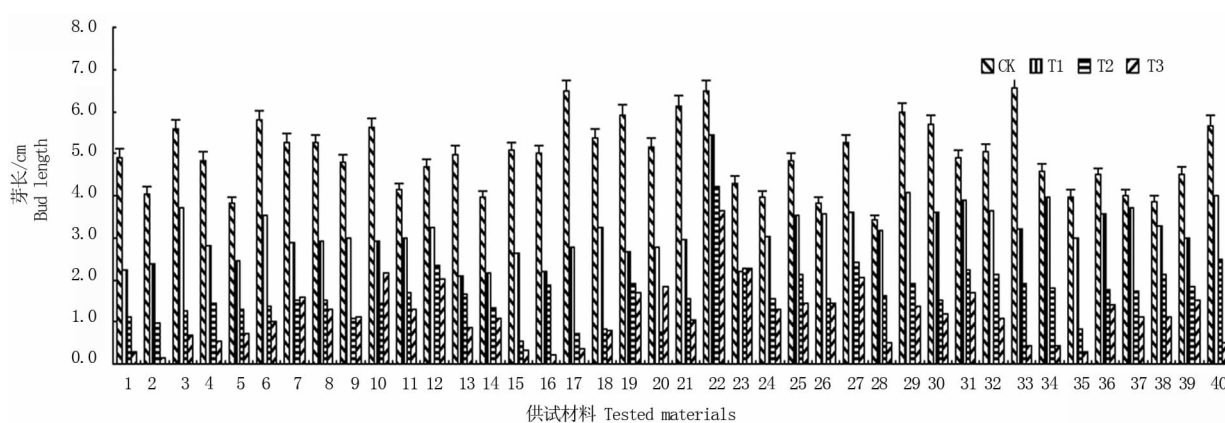
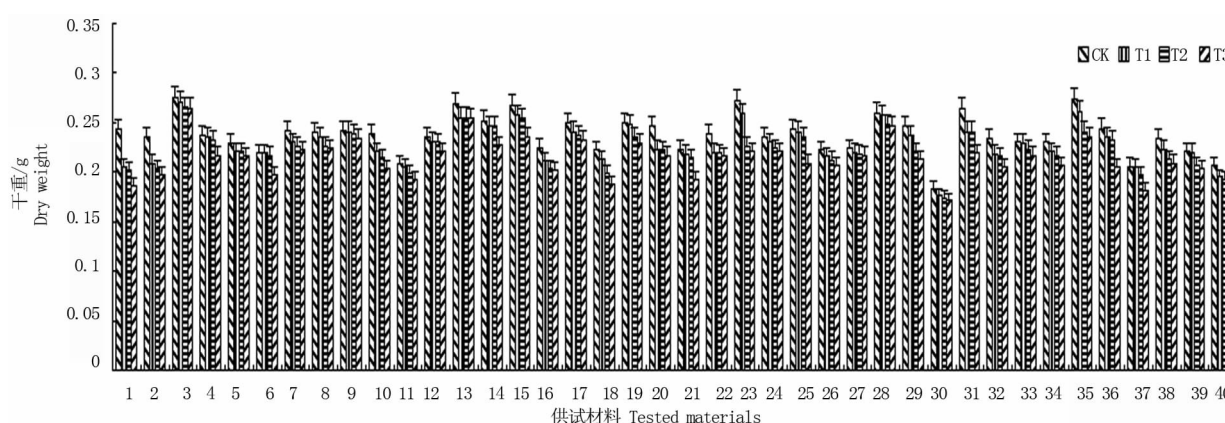
2.2 盐碱胁迫对水稻芽长的影响

由图2可知,同一品种胁迫处理间的芽长差异极显著($F=358.81, P<0.01$),同一浓度处理不同水稻品种间的芽长差异也极显著($F=3.56, P<0.01$)。随着 NaHCO_3 胁迫浓度的增加,与对照相比,T1、T2、T3处理下不同品种的芽长显著下降,相对碱害率呈现上升趋势。T1处理下,对水稻的芽长影响较小,平均芽长为3.154 cm,相对碱害率为35.10%,相比对照平均芽长降幅为1.175 cm。T2处理下,水稻平均芽长为1.657 cm,相对碱害率为65.93%。当 NaHCO_3 胁迫浓

度达到最大值时,T3处理下的水稻平均芽长降至1.145 cm,相对碱害率为76.66%,相比对照降幅为3.804 cm。同时由图2可以看出,编号11、12、14、22、23、24、26、28、37、38和39的品种(系)变异幅度相对较小,降幅范围2.023~2.966 cm,表明这些品种受碱胁迫影响小。

2.3 盐碱胁迫对水稻幼苗干重的影响

从图3可看出,随着 NaHCO_3 胁迫浓度的增大,各品种的幼苗干重均呈现下降趋势,品种间的幼苗干重($F=32.88, P<0.01$),处理间的幼苗干重($F=94.16, P<0.01$)均达到了极显著性差异。

图2 不同浓度 NaHCO_3 处理对水稻芽长的影响Fig. 2 Effect of different concentrations of NaHCO_3 on bud length of rice图3 不同浓度 NaHCO_3 处理对水稻幼苗干重的影响Fig. 3 Effect of different concentrations of NaHCO_3 on dry weight of rice

T1、T2、T3 处理下各品种的平均幼苗干重分别为 0.228、0.222、0.214 g, 相比于对照, 降幅分别为 0.010、0.016、0.024 g, 相对碱害率分别为 3.92%、6.42%、10.29%, 由此可以判断, 相对于发芽率和芽长指标, 幼苗干重受 NaHCO_3 溶液胁迫影响较小。

2.4 盐碱胁迫对水稻幼苗根系生长的影响

由图 4 可以看出, 随着 NaHCO_3 胁迫浓度的增加, 各品种的根数随之减小, 根长也随之减少。相对于其它性状, 盐碱胁迫对根系生长的抑制作用更为明显。T1、T2 处理下, 处理间平均根长分别为 0.68、0.02 cm, 相比对照的平均根长, 下降了 4.41、5.07 cm; 处理间平均根数为 2.01 条、0.15 条, 相比对照的平均根数, 减少了 3.36、5.22 条。而在 T3 处理下, 已经完全抑制根系的生长, 根长、根数的相对碱害率达到 100%。由此可知, 根系受盐碱胁迫抑制严重, 其中根长较根数对盐碱胁迫更为敏感。

2.5 不同水稻品种芽期耐盐碱性综合分析

由表 2 可以看出, 在不同的 NaHCO_3 浓度胁迫下水稻处理间的发芽率、芽长、干重差异极显著, 而在 T3 处理下完全抑制了根系的生长, 品种间的根数、根长均为 0。由表 2 中各性状的变异系数可以得知, 除干重外 T2 处理下的各指标的变异系数均大于 T1 处理、对照, 而 T3 处理下完全抑制了根系的生长, 因此选用 T2 处理下各水稻品种的发芽率、芽长、干重、根数、根长能够较好地反映出不同水稻品种的耐盐碱性差异。

为了更准确地反映各水稻品种芽期不同的耐盐碱程度, 以各性状的相对碱害率为耐盐碱强弱的评价指标, 选取相对碱害率显著相关的指标进行聚类分析。由表 3 的相关分析可以得出, 相对发芽率与相对芽长呈极显著正相关, 与相对根数、相对根长呈显著正相关; 相对芽长与相对根数、相对根长呈极显著正相关; 相对根数与相对根长呈显著正相关, 表明 NaHCO_3 胁迫处理对发芽率、

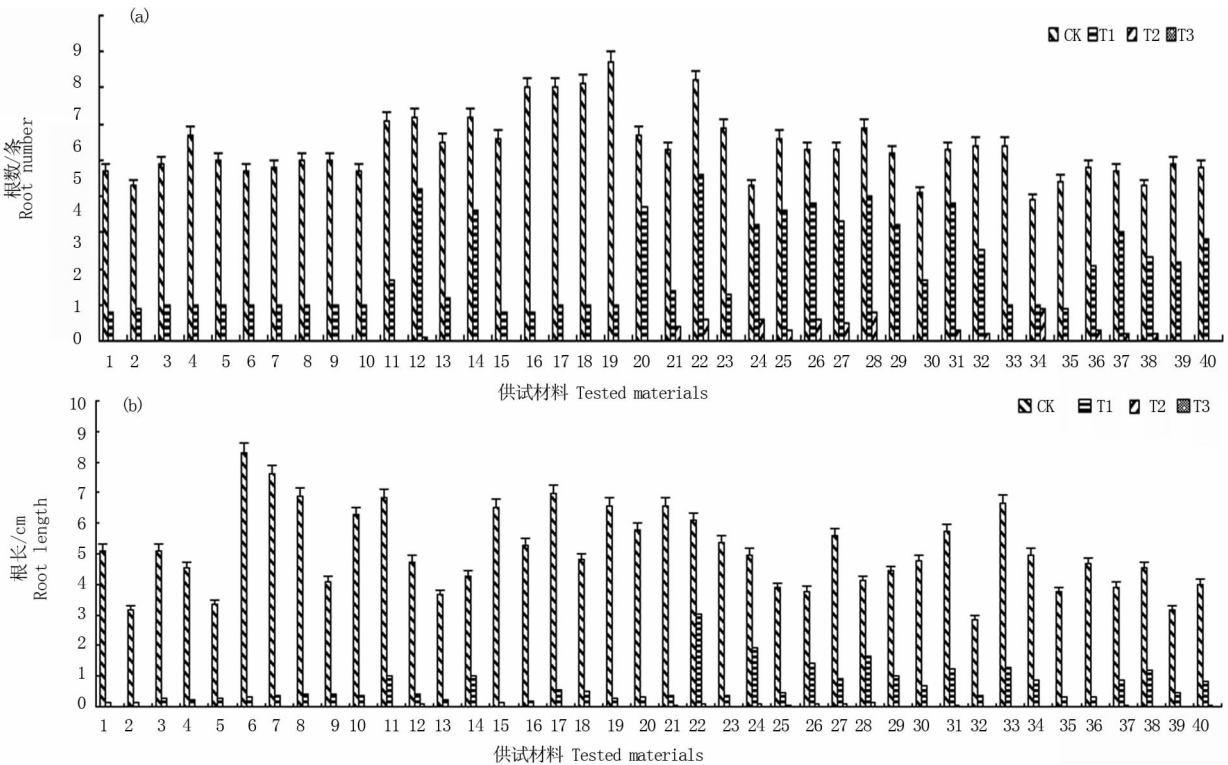


图 4 不同浓度 NaHCO_3 处理对水稻根系生长的影响
Fig. 4 Effect of different concentrations of NaHCO_3 on root growth of rice

表 2 不同 NaHCO_3 浓度对芽期各性状的影响

Table 2 The effect of different NaHCO_3 concentrations on characters of rice at germination stage			CK	T1	T2	T3
性状	Character					
发芽率	Germination rate	平均值/%	93.96 aA	82.21 bB	57.05 cC	30.42 dD
		变异系数/%	7.26	8.85	30.62	48.23
芽长	Bud length	平均值/cm	4.949 aA	3.154 bB	1.657 cC	1.145 dD
		变异系数/%	16.65	20.93	38.55	61.30
干重	Dry weight	平均值/g	0.238 aA	0.228 bB	0.222 cC	0.214 cD
		变异系数/%	8.40	8.60	8.41	9.32
根数	No. of root	平均值/条	5.37 aA	2.01 bB	0.15 cC	0
		变异系数/%	16.79	60.72	166.75	—
根长	Root length	平均值/cm	5.09 aA	0.68 bB	0.02 cC	0
		变异系数/%	25.94	86.43	164.44	—

注:不同大小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著。
Note: Different capital and lowercase letters mean significant difference at 0.01 and 0.05 level, respectively.

表 3 T2 处理下各性状相对盐碱害率的相关分析
Table 3 Correlation analysis on relative saline-alkaline damage rate of charaters at T2 treatment

性状	Character	相对发芽率	相对芽长	相对干重	相对根数	相对根长
		Relative germination rate	Relative bud length	Relative dry weight	Relative No. of root	Relative root length
相对发芽率	Relative germination rate	1				
相对芽长	Relative bud length	0.627**	1			
相对干重	Relative dry weight	0.162	0.018	1		
相对根数	Relative No. of root	0.328*	0.438**	0.179	1	
相对根长	Relative root length	0.363*	0.589**	0.229	0.636*	1

注: * 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著相关。
Note: * and ** mean significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively.

芽长、根数和根长等4个性状都具有显著的影响,在盐碱胁迫下,能够影响种子的萌发、芽长伸长及根系的生长。而相对干重与各性状间表现正相关,但是不显著,这可能是由于种子在萌发时所需要的营养物质来源于自身的供给。综上所述,相对发芽率、相对芽长、相对根数和相对根长均能反映盐碱胁迫水稻品种间的差异性,可作为不同水稻品种耐盐碱性鉴定的指标进行聚类分析。

2.6 水稻耐盐碱性的聚类分析

对40份东北粳稻种质资源相关耐盐碱相对碱害率采用欧氏距离类平均法进行聚类分析。由图5可看出,40份东北粳稻种质资源耐盐碱性在欧氏距离 $d=2.40$ 的水平上,可划分为4大类群。具体类群的种类:第Ⅰ类群即耐盐碱性较强的品种,包括编号22、24、27、26、28的品种(系)5份;第Ⅱ类群即耐盐碱性强的品种,包括编号3、6、9、35、17、20、4、5、7、19、33、10、30等品种(系)30份;第Ⅲ类群即耐盐碱性中等的品种,包括编号1、2、15、18的品种(系)4份;第Ⅳ类群即耐盐碱性弱的品种,仅编号34的品种(系)1份。

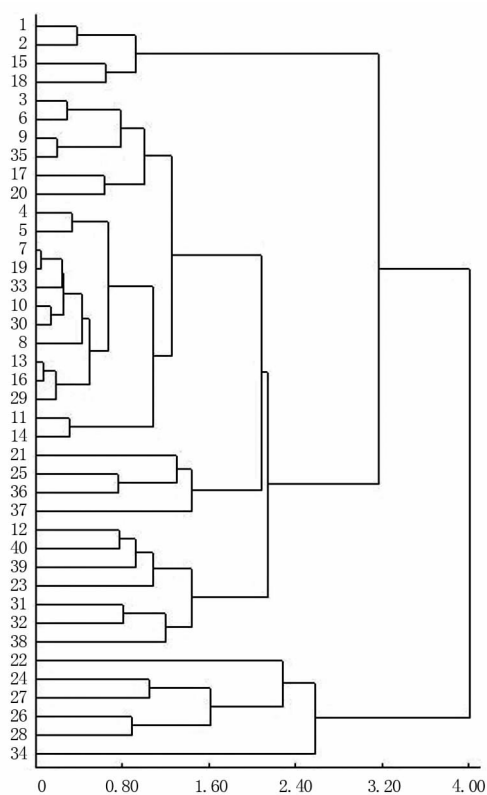


图5 东北粳稻芽期耐盐碱性聚类分析

Fig. 5 Cluster analysis of northeast japonica rice of saline-alkaline tolerance at germination stage

3 结论与讨论

在水稻种质资源的鉴定筛选中,筛选方法与鉴定指标的选择尤为重要,只有选择适当的筛选方法和鉴定指标,才能有效地将多个水稻品种准确地区分归类。假若选择的盐碱胁迫浓度过大,不同水稻品种的种子萌发及幼苗的生长都会受到严重地抑制,品种间无法表现出一定的差异性,因此,无法将不同的水稻品种进行筛选分类;同样,如果选择较小的盐碱胁迫浓度,水稻品种间受盐碱胁迫的影响不明显,甚至对一些水稻的种子萌发与幼苗的生长没有影响,因此浓度过小也无法对不同的水稻品种进行筛选分类。该试验分别设置25、50、75 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度处理,以蒸馏水为对照,进行水稻芽期耐盐碱性筛选鉴定,在T2处理下能有效地将40份材料区分开来,证明试验中所用的盐碱胁迫浓度是合适的。

利用科学的数量分析方法能够将所测耐盐碱相关指标数量化,与耐盐碱性强弱建立相对应的关系,进而有效地对作物进行耐盐碱性的筛选鉴定^[8],主要的数量分析方法有隶属函数法、聚类分析法、灰色关联度分析法、五级评分法等。曾华^[9]对苗高、根数、根长、单株苗干重、综合评价值采用欧氏距离和完全联接法对辽宁省的29个水稻品种进行聚类分析,在阈值1.2时,将29个水稻品种分为5大类。该研究对40份东北粳稻材料采用欧氏距离类平均法进行聚类分析,将其分为4大类。由于随着 NaHCO_3 溶液胁迫浓度的增加,发芽率、芽长、根数、根长、干重在品种间均显著下降,但是变化量因指标、品种的不同而各不相同,因此利用聚类分析综合评价各性状相对碱害率,这样更具有科学性和准确性。

同一品种在不同生育阶段的耐盐性存在差异,如芽期耐盐性就较其它生育期要强^[10]。因此选择水稻芽期进行耐盐碱性鉴定,能够选出具有代表性的耐盐碱性粳稻品种。张慧丽等^[11]研究表明 NaHCO_3 溶液对小麦种子的萌发具有显著地抑制作用,随着 NaHCO_3 浓度的增大,根数越少,胚根及胚芽生长越慢,生长量也随之减少。谢国生等^[12]研究表明,相比于对照在 NaHCO_3 胁迫下各材料的根长和鲜重均有所下降,对幼苗根系的影响尤为严重。该研究与之相似,随着 NaHCO_3 胁迫浓度的增大,40份粳稻材料的芽长、根数、根长、鲜重也随之显著下降。盐碱浓度影响种子的萌发主要有三方面效应,即增效效应、

负效效应和完全阻抑效应。低浓度盐碱胁迫对种子萌发有促进作用,随盐碱胁迫浓度的升高,种子发芽率、发芽指数和活力指数也随之减小,盐碱胁迫浓度过高时就会抑制种子萌发^[13]。该研究在低浓度盐碱处理时未出现增效效应,而是随着盐碱胁迫浓度的增加,发芽率显著下降,这可能与所选用的胁迫盐碱性盐及其浓度、供试品种的不同有关。

该试验是在 268 份东北粳稻品种(系)苗期耐盐碱性筛选基础上,选取 40 份具有代表性的品种(系)探讨不同盐碱处理下水稻芽期发芽率和芽长等指标的变化规律,旨在通过芽期耐盐碱性筛选找到耐盐碱的极端品种。结果表明,在同一盐碱胁迫处理下,品种(系)间耐盐碱性存在差异;在不同盐碱胁迫处理下,随着盐碱处理浓度的增加,不同水稻品种的发芽率、芽长、根数、根长和干重呈下降趋势;通过聚类分析筛选出耐盐碱性较强的品种有长白 10 号、通 88-7、农大 3 号、富源 4 号、通育 318,既可以作为耐盐碱品种用于盐碱地水稻生产中,也可以作为改良水稻耐盐碱性育种的亲本,为进一步研究耐盐碱性水稻品种改良及分子育种提供理论依据。

参考文献:

[1] 王志刚,申红芳,王磊.我国水稻生产的特点与影响因素调

查分析[J].中国稻米,2010,16(1):26-29.

- [2] 祁栋灵,郭桂珍,李明哲,等.水稻耐盐碱性生理和遗传研究进展[J].植物遗传资源学报,2007,8(4):486-493.
- [3] 刘功,李锐,王连敏,等.浅谈黑龙江省盐碱地利用[J].黑龙江农业科学,2007(2):108.
- [4] 陈凤霞.影响黑龙江省稻米质量安全的因素分析及应对措施[J].东北农业大学学报:社会科学版,2008,7(2):55.
- [5] 姚荣江,杨劲松,刘广明.东北地区盐碱土特征及其农业生物治理[J].土壤,2006,38(3):256-262.
- [6] 方先文,张所兵,王艳平.高盐浓度处理对水稻苗期生长的影响[J].江苏农业科学,2011,39(3):69-71.
- [7] 祁栋灵,张三元,曹桂兰.水稻发芽期和幼苗前期耐碱性的鉴定方法研究[J].植物遗传资源学报,2006,7(1):74-80.
- [8] 王军,梁长东,张灿宏.作物耐盐碱性鉴定评价方法探讨[J].大麦与谷类科学,2010(3):35-36.
- [9] 曾华.辽宁省水稻品种苗期耐盐能力评价[J].北方水稻,2011,41(2):10-13.
- [10] 陈志德,仲维功,杨杰,等.水稻新种质资源的耐盐性鉴定评价[J].植物遗传资源学报,2004,5(4):351-355.
- [11] 张慧丽,曲力涛,李景文,等. NaHCO_3 对小麦种子萌发特性的影响[J].塔里木农垦大学学报,2001,13(2):8-11.
- [12] 谢国生,朱伯华,彭旭辉.水稻苗期对不同 pH 下 NaCl 和 NaHCO_3 胁迫响应的比较[J].华中农业大学学报,2005,24(2):121-124.
- [13] 李彦,张英鹏,孙明,等.盐分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):258-265.

Study on the Difference of the Alkaline Tolerance of Northeast *Japonica* Rice at Germination Stage

WANG Zhi-xin, ZOU De-tang, LIU Hua-long, WANG Jing-guo, MA Jing

(Agronomy College of Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150010)

Abstract: In order to breed saline-alkaline tolerant rice variety, 40 *japonica* rice cultivars of different saline-alkaline tolerance, which were mainly planted in the northeastern three provinces, were taken as test materials to conduct screening test with three saline-alkaline treatments at the germination stage which the concentration of NaHCO_3 were 25, 50, 75 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. The results indicated that under the same saline-alkaline treatment, the ability of saline-alkaline tolerance was different among different rice cultivars; under the different saline-alkaline treatments, with the increasing of concentration of NaHCO_3 , the germination percentage, bud length, root number, root length and dry weight of different rice varieties showed downward trend. Through the screening test, five stronger saline-alkaline resistant rice varieties (lines) were selected, which were Changbai No. 10, Tong88-7, Nongda No. 3, Fuyuan No. 4 and Tong 318.

Key words: northeast *japonica* rice; germination stage; saline-alkaline tolerance