

寒地水稻苗期耐碱研究及形态鉴定指标评价

赵海新¹, 徐正进², 潘国君¹, 杜晓东¹, 陈书强¹, 黄晓群¹

(1. 黑龙江省农业科学院 佳木斯水稻研究所, 黑龙江 佳木斯 154026; 2. 沈阳农业大学 水稻研究所, 辽宁 沈阳 100866)

摘要:为了探索碱胁迫对寒地水稻生长的影响,以 15 份水稻品种为研究对象,培养方式为液培,培养液为木村培养液。药剂处理使用 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ 混合碱(质量配比 1:3),溶液质量浓度为 0.20%,分析了寒地水稻苗期耐碱性及形态鉴定指标。结果表明:0.20%混合碱胁迫后苗长和根系长度均有下降趋势,对根系的伸长生长抑制作用显著,但地上和地下部对碱胁迫敏感性不相关。碱胁迫延迟水稻的叶龄进程,降低叶面积、绿叶数、根系干质量、冠层干物质积累和根冠比,刺激水稻提前进入分蘖期。单株叶面积变化、绿叶数、根冠比和根冠长度比的相对值可作为水稻苗期耐碱性鉴定的形态指标。

关键词:水稻;苗期;碱胁迫;鉴定;评价

中图分类号:S511

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)11-0021-07

近年来由于自然原因及人类对土地的不合理利用,造成盐碱地面积日趋增加,目前世界范围内至少 1/5 耕地存在不同程度的盐碱化^[1],而我国盐碱化土地面积近 1 亿 hm^2 ,潜在盐碱地面积达 1 733 万 hm^2 ^[2]。黑龙江省是我国重要的粳稻生产基地,近 400 万 hm^2 的水田生产主要集中在南部和东部地区,而西部则由于大量苏打盐碱地的存在,限制了水稻的发展,提高水稻品种本身的耐盐碱性是开发和利用该类型土壤资源的有效途径之一,因此水稻耐盐碱性的研究越来越受到各国学者的高度关注,在研究中筛选出了一批强耐盐的优异种质^[3-10],供于育种利用,为水稻育种和生产做出了积极贡献。苏打盐碱地是盐碱土壤的一种类型,农业利用中存在的主要问题是水田受害严重^[11],盐碱胁迫一般认为会导致作物叶面积系数变小、分蘖力降低、无分蘖高峰、延长生育期^[12-13]、株高降低、秆长缩短、花粉活力下降^[14]、光合速率降低^[15],最终导致产量下降。该研究利用苏打混合碱模拟胁迫环境,研究碱胁迫对水稻苗期生长的影响,并对形态指标进行探讨评价,研

究结果对于揭示碱胁迫对寒地水稻生长的影响及今后耐碱品种筛选的程序简化具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2010~2011 年在黑龙江省农业科学院佳木斯水稻研究所内进行,参试材料 15 份,分别是黑龙江省农业科学院佳木斯水稻研究所培育的龙粳 14、龙粳 21、龙粳 24、龙粳 25、龙粳 27、龙粳 29、龙粳 30、龙粳 32 和龙粳 35,黑龙江省农业科学院绥化分院培育的绥粳 5 号,黑龙江省农垦科学院水稻研究所培育的垦稻 17,吉林省农业科学院水稻研究所培育的长白 9 号,引自日本品种空育 131、藤系 138 和越光,除越光不能在黑龙江地区正常成熟,其它参试品种均可成熟。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 幼苗的培养:种子经过高锰酸钾消毒后,播撒在盛有石英砂的瓷盘中,沙子厚度 2.5 cm,淋水后,放入 30℃ 恒温培养箱培养至齐苗,取出,在室温下生长至 2 叶;幼苗培养与处理:从幼苗培养到全程处理均在木村培养液内进行,培养盒用黑纸糊住,用以遮光,其上覆盖载板,载板均匀打 20 个直径 1.0 cm 培养孔,每孔选取一株 2 叶期幼苗,用薄海绵条包卷主茎,固定在培养板上,于木村培养液中进行室外培养(有防雨棚),每 2 d 更换 1 次培养液;处理药剂与时期:药剂使用 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ 混合碱,其质量比为 1:3,溶液质量浓度为 0.20%,试验设对照(CK)和 0.20% 苏打碱处理(CL),幼苗生长至 3.5 叶龄,将

收稿日期:2014-07-23

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2007BAD65B02-8);“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD16B11-02YJ01);黑龙江省科技厅资助项目(GB06B104-1-5);黑龙江省科技攻关计划资助项目(GA09B102-3)

第一作者简介:赵海新(1977-),男,内蒙古自治区奈曼旗人,博士,副研究员,从事水稻栽培及抗逆生理研究。E-mail:zhaohaixin2005@163.com。

通讯作者:潘国君(1961-),男,博士,研究员,从事水稻育种与栽培研究。E-mail:panguojun777@163.com。

木村培养液更换为含有 0.20% 混合碱的木村培养液,对照 CK 始终生长在培养液中,每 2 d 更换 1 次处理液。

1.2.2 测定指标及方法 胁迫第 10 天调查记录苗长、根长、冠根长度比、根干重、苗干重、根冠比、叶龄、分蘖和绿叶数等;胁迫第 10 天调查叶面积,叶面积计算公式为:

$$S=L \times D \times K$$

式中: L 为叶长; D 为叶宽; K 为叶面积换算系数, $K=0.8138e^{-1.2879/x}$, x =叶长/叶宽。

1.2.3 数据处理 2 a 试验结果基本一致,该文采用 2011 年数据进行统计,相对数值均为该指标在碱胁迫下数值与对照数值之比。使用 Excel 2003 软件分析作图,方差分析及相关分析利用 DPS 软件统计。

2 结果与分析

2.1 碱处理对水稻苗期形态的影响

2.1.1 对水稻苗期地上和地下部分长度的影响

通过表 1 可知,浓度为 0.20% 苏打碱胁迫 10 d

后,水稻上部茎叶和下部根系伸长量均小于对照。处理后苗长伸长量比对照降低最大的是藤系 138,减少 27.32%,表明该品种地上伸长生长相对其它品种敏感,龙粳 27 表现最不敏感,相比对照下降并不显著;地下根系生长抑制最大的是长白 9 号,其长度与对照相比减少 48.59%,表明碱处理会对该品种根系伸长生长产生强烈抑制作用,抑制作用最小的是绥粳 5 号,相比对照减少 15.73%。从相对苗长、相对根长及冠根长度比看,碱胁迫对根系伸长生长的抑制明显大于对地上茎叶生长的抑制。

碱处理后,地上和地下伸长生长对胁迫的敏感性和协调性表现并不一致,对苗长和根系长度减少幅度进行相关分析表明,两者的相关系数仅为 -0.12,差异不显著。说明该两项指标以及由此衍生的其它间接指标均不能用来鉴定水稻的耐碱性强弱,只能作为参考指标用以判定水稻品种地上或地下部位对碱环境更为敏感。

表 1 0.20% 碱胁迫对水稻苗期苗及根系长度的影响

Table 1 Effect of soda alkali stress with 0.20% concentration on the length of seedling and root at tillering stage

品种 Cultivar	苗长/cm Seedling length		变化 幅度/% Change range	相对株高 Relative plant height	根长/cm Root length		变化 幅度/% Change range	相对根长 Relative root length	冠根长度比 Root shoot length ratio	
	CK	CL			CK	CL			CK	CL
绥粳 5 号 Suijing 5	26.2	22.5*	-14.34	0.857	15.5	13.1*	-15.73	0.843	1.69	1.72
越光 Yueguang	30.7	26.2*	-14.83	0.852	14.7	9.9**	-32.33	0.677	2.10	2.64*
龙粳 25 Longjing 25	26.2	19.9**	-24.03	0.760	14.4	12.0*	-16.71	0.833	1.81	1.66
垦稻 17 Kendao 17	27.0	25.3	-6.38	0.936	15.5	9.2**	-40.72	0.593	1.75	2.76**
龙粳 27 Longjing 27	22.8	22.5	-1.05	0.989	12.7	7.9**	-38.24	0.618	1.79	2.87**
龙粳 30 Longjing 30	31.8	24.0**	-24.37	0.756	17.9	9.6**	-46.23	0.538	1.78	2.50**
龙粳 32 Longjing 32	29.1	24.7**	-15.29	0.847	18.5	10.4**	-43.81	0.562	1.57	2.37**
龙粳 35 Longjing 35	21.6	18.9*	-12.67	0.873	14.6	8.2**	-43.99	0.560	1.48	2.30**
空育 131 Kongyu 131	24.7	20.4*	-17.37	0.826	15.7	9.5**	-39.67	0.603	1.58	2.16**
藤系 138 Tengxi 138	29.8	21.6**	-27.32	0.727	16.2	9.2**	-43.25	0.567	1.84	2.36**
龙粳 14 Longjing 14	35.7	28.1**	-21.34	0.787	16.2	11.5**	-28.83	0.712	2.20	2.43
龙粳 24 Longjing 24	27.8	23.0*	-17.20	0.828	14.0	8.2**	-41.95	0.580	1.98	2.82**
龙粳 29 Longjing 29	30.5	23.7**	-22.41	0.776	18.8	10.0**	-46.70	0.533	1.62	2.36**
长白 9 号 Changbai 9	29.7	26.7*	-10.00	0.900	17.0	8.8**	-48.59	0.514	1.74	3.05**
龙粳 21 Longjing 21	26.8	25.9	-3.65	0.963	13.0	7.8**	-40.34	0.597	2.06	3.32**

注:* 与 ** 分别表示与对照相比差异达显著和极显著水平。表中数值为平均值。下同。

Note: * and ** present the difference with CK reached significant difference at 0.05 level and 0.01 level respectively. Data in the table are mean value. The same below.

2.1.2 对苗期叶面积的影响 经 0.20%混合碱胁迫后,各水稻品种单株叶面积均有较大幅度降低,下降幅度大小代表其苗期耐碱性强弱。单株叶面积下降最大的是龙粳 25,下降 76.72%,其次是龙粳 24 和龙粳 14,分别下降 65.22%和 62.13%,表明这 3 个水稻品种苗期耐碱性较弱。

对碱环境适应力最强的是绥粳 5 号和龙粳 21,叶面积下降 36.82%和 39.67%。由表 2 可知,经过碱处理后,水稻叶片的平均长度普遍增加,增加最少的是藤系 138,增加 1.67%,最大的是越光,为 66.74%;单株叶片平均宽度多数呈下降趋势,仅龙粳 30 和龙粳 35 呈增加趋势。

表 2 0.20%碱胁迫对水稻苗期绿叶面积的影响

Table 2 Effect of mixed alkali with 0.20% concentration on leaves area at seeding stage

品种 处理 Cultivar	单株叶片平均长度/cm Average leaf length per plant			单株叶片平均宽度/cm Average leaf width per plant			单株叶面积/cm ² Leaf area per plant		
	CK	CL	变化幅度/% Change range	CK	CL	变化幅度/% Change range	CK	CL	变化幅度/% Change range
绥粳 5 号 Suijing 5	10.77	13.20*	22.48	0.43	0.40	-7.34	23.78	15.03**	-36.82
越光 Yueguang	8.97	14.95**	66.74	0.36	0.35	-0.71	24.65	11.87**	-51.85
龙粳 25 Longjing 25	11.04	11.31	2.48	0.34	0.34	-2.17	18.85	4.39**	-76.72
垦稻 17 Kendao 17	12.59	16.04**	27.41	0.36	0.35	-3.01	24.40	13.53**	-44.53
龙粳 27 Longjing 27	11.52	14.77*	28.15	0.35	0.35	-2.54	22.11	9.88**	-55.31
龙粳 30 Longjing 30	11.94	13.94*	16.68	0.43	0.46	8.65	35.27	20.37**	-42.23
龙粳 32 Longjing 32	13.56	15.82*	16.65	0.44	0.41	-5.58	32.77	14.31**	-56.32
龙粳 35 Longjing 35	10.48	13.89**	32.50	0.34	0.35	4.48	18.36	10.41**	-43.29
空育 131 Kongyu 131	10.51	13.12**	24.79	0.36	0.31	-13.97	16.39	7.54**	-54.00
藤系 138 Tengxi 138	12.52	12.73	1.67	0.39	0.34	-12.27	26.80	10.90**	-59.33
龙粳 14 Longjing 14	15.49	16.57*	6.98	0.40	0.39	-3.26	35.24	13.34**	-62.13
龙粳 24 Longjing 24	14.27	15.27	6.99	0.39	0.32	-17.01	29.15	10.14**	-65.22
龙粳 29 Longjing 29	12.23	14.61*	19.42	0.38	0.35	-7.96	33.07	18.03**	-45.47
长白 9 号 Changbai 9	11.64	12.73	9.41	0.40	0.38	-6.64	27.06	14.27**	-47.27
龙粳 21 Longjing 21	11.99	16.45**	37.17	0.45	0.42	-5.84	20.33	12.26**	-39.67

作物对逆境适应性的强弱通过叶面积的变化即可判断,变化幅度的大小可以直接作为其耐性判定指标,其它形态指标需要通过其与叶面积的相关系数判断。该研究结果表明,单株叶面积相对对照的下降幅度即可判定该水稻品种对碱环境的适应能力,适应性较强的品种叶面积下降幅度较小或变化不显著,反之下降幅度较大。叶片的平均长度相对对照有增加的趋势,其与叶面积的相关系数为 0.47,未达显著水平,分析认为单株叶片平均长度的增加是下部叶片枯萎造成,虽然平均叶片宽度大部分品种呈下降趋势,但也并未包含枯萎叶片的宽度数值,而这些数值在对照中却能体现,因此叶片平均长度和宽度的变化幅度均不能作为水稻耐碱鉴定指标。

数据表明,碱胁迫明显延迟水稻的叶龄进程(见表 3)。胁迫 15 d,平均延迟叶龄 1 叶以上,其中越光、藤系 138、龙粳 29 和龙粳 30 均延迟 2 叶龄左右,绥粳 5 号仅延迟 0.6 叶龄,其它参试品种均延迟 1 叶龄左右。碱处理后水稻单株分蘖数均有不同程度的增加趋势,其中增加幅度较大的品种有龙粳 27、龙粳 21 及龙粳 29。长白 9 号和空育 131 单株分蘖数增加幅度最小,其它品种增加幅度亦有差异,表明不同水稻品种分蘖性对碱胁迫的敏感性不同。单株绿叶数的变化也因材料不同具有差异,但所有品种均呈减少趋势,从其减少幅度表明各参试品种叶片具有大量枯萎现象,枯萎程度最严重是龙粳 25 和越光,较轻的是龙粳 30、绥粳 5 号和长白 9 号。

2.1.3 对水稻苗期生育进程及光合叶片数的影

表 3 碱胁迫对水稻苗期生育进程的影响

Table 3 Effect of alkali stress on growth progress of rice at seedling stage

品种 Cultivar	叶龄 Leaf age			平均单株分蘖数 Average tiller number per plant			平均单株绿叶数 Average green leaf number per plant		
	CK	CL	延迟 叶龄/% Delay leaf age	CK	CL	变化 幅度/% Change range	CK	CL	变化 幅度/% Change range
绥粳 5 号 Suijing 5	6.7	6.1	-0.6	1.0	2.4**	140.0	6.0	3.6**	-40.00
越光 Yueguang	8.6	6.0**	-2.6	0.4	3.2**	700.0	8.2	2.8**	-65.85
龙粳 25 Longjing 25	6.2	5.2*	-1.0	0.8	3.8**	375.0	5.4	1.4**	-74.07
垦稻 17 Kendao 17	6.0	5.0*	-1.0	0.4	2.0**	400.0	5.6	3.0**	-46.43
龙粳 27 Longjing 27	6.4	5.0**	-1.4	0.2	2.6**	1200.0	6.2	2.4**	-61.29
龙粳 30 Longjing 30	7.8	6.0*	-1.8	0.4	2.0**	400.0	6.4	4.0**	-37.50
龙粳 32 Longjing 32	6.4	5.0**	-1.4	0.4	2.2**	450.0	6.0	2.8**	-53.33
龙粳 35 Longjing 35	6.4	5.4*	-1.0	0.4	2.6**	550.0	6.0	2.8**	-53.33
空育 131 Kongyu 131	6.0	5.0*	-1.0	1.2	2.8**	133.3	4.8	2.2**	-54.17
藤系 138 Tengxi 138	7.4	5.5**	-1.9	0.8	2.4**	200.0	6.6	3.2**	-51.52
龙粳 14 Longjing 14	7.4	6.0**	-1.4	1.0	3.4**	240.0	6.4	2.6**	-59.38
龙粳 24 Longjing 24	6.0	5.0*	-1.0	0.4	2.4**	500.0	5.6	2.6**	-53.57
龙粳 29 Longjing 29	7.8	6.0*	-1.8	0.2	1.8**	800.0	7.6	4.2**	-44.74
长白 9 号 Changbai 9	7.6	6.0*	-1.6	1.0	2.2**	120.0	6.6	3.8**	-42.42
龙粳 21 Longjing 21	6.0	5.0*	-1.0	0.2	2.0**	900.0	5.8	3.0**	-48.28

水稻苗期受到碱胁迫后,叶片抽出速度减缓,延缓了生育进程,但是却能够刺激水稻基节分蘖。由表 3 可知,各处理水稻蘖数相对对照均大幅度增加,而叶龄相对较低,说明较高 pH 环境能够促进水稻提前进入分蘖期。水稻受到胁迫后单株绿叶数越多,表明其对碱的适应能力越强,绥粳 5 号、长白 9 号、龙粳 29 等品种苗期耐碱性较其它参试品种强。

2.1.4 对水稻干物质的影响 表 4 可知,0.20% 碱处理对水稻苗期根干重和冠干重均有显著或极显著影响,并且所有品种对照根冠比显著高于处理,处理后根冠比较低的品种有龙粳 29 和垦稻 17 等,比值较高的品种有龙粳 14 及龙粳 21 等,而百株根重的绝对值相对较高的品种有龙粳 14、

绥粳 5 号等,百株茎叶干重较高的有龙粳 30 和绥粳 5 号。根干重下降幅度超过 50% 的品种有 9 个,其中下降幅度最大的是龙粳 29;绥粳 5 号茎叶干重增加 3.0%,但是与对照差异不显著,龙粳 25 下降幅度最大,达到 57.6%,其它参试品种亦为下降趋势,数据表明各品种对碱胁迫的适应性有差异。

分析认为,0.20% 碱处理将显著降低水稻苗期根系和冠层干物质积累,据下降幅度显示,其对根系的影响大于对冠层的影响。根系与茎叶下降呈极显著正相关(相关系数 0.74**)。水稻耐碱性强弱会直接影响干物质积累量,因此根冠比的变化幅度可以作为判断水稻品种耐碱性判定指标。

表 4 苗期 0.20%碱处理对干物质的影响
Table 4 Effect of 0.20% alkali on dry matter weight at seedling stage

品种 Cultivar	对照(CK)			处理(CL)			根重变化	茎叶重变化
	百株 根重/g Root weight	百株茎 叶重/g Stem and leaf weight	根冠比 Root shoot ratio	百株 根重/g Root weight	百株茎 叶重/g Stem and leaf weight	根冠比 Root shoot ratio	幅度/% Root weight descend rate	幅度/% Stem and leaf weight descend rate
绥梗 5 号 Sujing 5	6.1	12.1	0.52	3.4**	12.5	0.27**	-45.1	3.0
越光 Yueguang	6.5	14.5	0.44	2.4**	9.7**	0.24**	-63.6	-32.9
龙梗 25 Longjing 25	4.3	11.2	0.39	1.5**	4.7**	0.32*	-66.2	-57.6
垦稻 17 Kendao 17	4.9	10.7	0.46	2.5**	9.1*	0.22**	-47.9	-14.7
龙梗 27 Longjing 27	4.3	9.5	0.46	2.4**	6.9**	0.34**	-45.0	-27.4
龙梗 30 Longjing 30	7.2	15.9	0.46	3.1**	13.7*	0.23**	-56.5	-13.7
龙梗 32 Longjing 32	5.5	12.7	0.43	2.4**	9.6**	0.25**	-55.5	-24.7
龙梗 35 Longjing 35	4.8	11.3	0.43	2.1**	6.3**	0.34**	-55.9	-44.1
空育 131 Kongyu 131	4.0	10.9	0.38	2.1**	8.0*	0.27**	-46.2	-26.6
藤系 138 Tengxi 138	6.0	11.1	0.54	2.6**	8.9**	0.29**	-57.2	-20.1
龙梗 14 Longjing 14	7.5	13.5	0.56	4.6**	12.0*	0.39**	-39.4	-10.9
龙梗 24 Longjing 24	2.4	8.3	0.29	1.8**	7.6*	0.23*	-27.4	-9.2
龙梗 29 Longjing 29	7.6	17.6	0.43	2.3**	10.3**	0.22**	-70.0	-41.6
长白 9 号 Changbai 9	7.3	16.5	0.45	2.8**	9.6**	0.28**	-62.3	-41.7
龙梗 21 Longjing 21	6.9	13.4	0.53	2.5**	7.1**	0.35**	-64.4	-46.9

2.2 水稻苗期形态耐碱鉴定指标的筛选

2.2.1 水稻品种苗期耐碱性分析 调查的形态指标中,单株叶面积变化最能体现品种的耐碱性

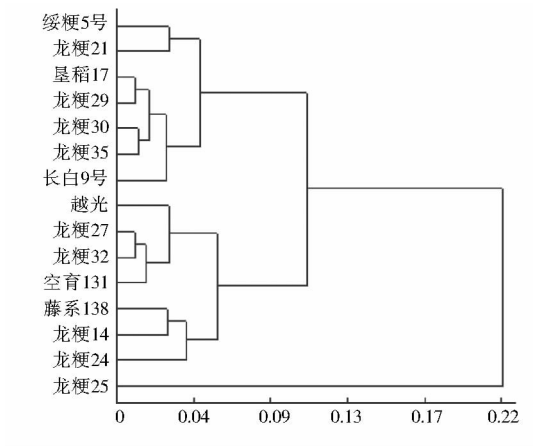


图 1 参试水稻品种耐碱性聚类分析
Fig. 1 Clustering figure of alkali resistance
of testing rice varieties

强弱,因此以此为基本判定指标,采用重心法对参试的 15 个水稻品种进行聚类分析(见图 1)。参试 15 个品种可化分为强、较强、中、较弱、弱 5 类,其中绥梗 5 号与龙梗 21 归为一类,表明这两份品种苗期耐碱性最强;较强材料分别为垦稻 17、龙梗 29、龙梗 30、龙梗 35 和长白 9 号;龙梗 25 苗期耐碱性最弱,其余品种耐碱性中等或偏弱。

2.2.2 水稻苗期形态耐碱鉴定指标的筛选 由于品种之间存在差异,采用实际数值不能准确判断品种的耐碱性,但如果使用相对值进行比较,则会排除这一影响。由表 5 可看出,8 项指标除个别数值大于 1,其它均小于 1,表明碱胁迫致使水稻生长延缓,以平均值为依据,各指标所受碱胁迫影响的大小顺序为:苗长<叶龄<根冠长度比<茎叶干物质重<根冠比<根长<绿叶数<根干物质重。

表 5 水稻苗期形态指标相对值

Table 5 Relative value of morphological parameter at rice seedling stage

品种 处理 Cultivar	苗长 Seedling length	根长 Root length	叶龄 Leaf age	绿叶数 Green leaf number	根干重 Root dry weight	茎叶干重 Stem and leaf dry weight	根冠比 Root shoot ratio	根冠长度比 Root shoot length ratio
绥粳 5 号 Suijing 5	0.857	0.843	0.908	0.600	0.557	1.033	0.519	0.954
越光 Yueguang	0.852	0.677	0.698	0.341	0.369	0.669	0.545	0.789
龙粳 25 Longjing 25	0.760	0.833	0.839	0.259	0.349	0.420	0.821	1.097
垦稻 17 Kendao 17	0.936	0.593	0.833	0.536	0.510	0.850	0.478	0.633
龙粳 27 Longjing 27	0.989	0.618	0.781	0.387	0.558	0.726	0.739	0.630
龙粳 30 Longjing 30	0.756	0.538	0.769	0.625	0.431	0.862	0.500	0.711
龙粳 32 Longjing 32	0.847	0.562	0.781	0.467	0.436	0.756	0.581	0.662
龙粳 35 Longjing 35	0.873	0.560	0.844	0.467	0.438	0.558	0.791	0.642
空育 131 Kongyu 131	0.826	0.603	0.833	0.458	0.525	0.734	0.711	0.733
藤系 138 Tengxi 138	0.727	0.567	0.738	0.485	0.433	0.802	0.537	0.783
龙粳 14 Longjing 14	0.787	0.712	0.811	0.406	0.613	0.889	0.696	0.902
龙粳 24 Longjing 24	0.828	0.580	0.833	0.464	0.750	0.916	0.793	0.708
龙粳 29 Longjing 29	0.776	0.533	0.769	0.553	0.303	0.585	0.512	0.685
长白 9 号 Changbai 9	0.900	0.514	0.789	0.576	0.384	0.582	0.622	0.576
龙粳 21 Longjing 21	0.963	0.597	0.833	0.517	0.362	0.530	0.660	0.621
平均值 Average	0.845	0.622	0.804	0.476	0.468	0.727	0.634	0.742

通过对 8 项指标与单株相对叶面积的相关系数分析表明(见表 5),绿叶数、根冠比和根冠长度比的相对值与其相关性均可达到显著或极显著水

平(见表 6),据此判定这 4 项指标均可作为水稻苗期耐碱性鉴定的形态指标。

表 6 苗期形态指标相对值与单株叶面积的相关系数

Table 6 Correlation coefficient between relative value of morphological parameter and plant leaf area at seeding stage

测定指标 Measured index	苗长 Seedling length	根长 Root length	叶龄 Leaf age	绿叶数 Green leaf number	根干重 Root dry weight	茎叶干重 Stem and leaf dry weight	根冠比 Root shoot ratio	根冠长度比 Root shoot length ratio
相关系数 Correlation coefficient	0.41	-0.29	0.14	0.78**	-0.22	0.16	-0.57*	-0.50*

注: * 和 ** 表示其与单株相对叶面积相关性达到显著或极显著水平。

Note: * and ** present the correlation coefficients between relative value of morphological parameter and plant leaf area achieve significant difference at 0.05 and 0.01 levels respectively.

3 结论与讨论

盐碱胁迫会造成水稻发育迟缓,抑制水稻组织和器官的生长与分化^[16]。在盐碱胁迫下,随着浓度升高,水稻叶片的生长发育受到明显抑制,叶片变短、变小,绿色也随之变浅^[16-17]。该试验结果表明,碱胁迫下,水稻的发育和生育进程受到明显抑制,但是在苗期同一叶龄的水稻叶片会因胁迫而变窄、变长,这与上述观点有所不同。有研究表明,植株高度与干重都受到明显抑制^[18]。水稻幼苗生长会受到抑制,表现为植株矮化,心叶卷曲,但不同品种对胁迫的反应不尽相同^[19]。该试

验结果表明,胁迫后,苗期水稻受害症状为植株下部叶片逐渐枯黄,然后症状向顶端移动,直至枯死,大部分品种上部叶片未发现卷曲现象,只有空育 131 和龙粳 25 叶绿素下降幅度较小的品种发现有卷曲现象,但没有枯黄现象。梁正伟等^[13]研究发现,在 pH9.49 的苏打盐碱土中,水稻单株分蘖力明显下降。在盐碱胁迫下,分蘖高峰明显推迟或不出现分蘖高峰,抽穗期延长,不耐盐碱的早熟品种比耐盐碱的中熟品种抽穗晚;水稻株高降低,单茎绿叶数和有效分蘖数减少^[6]。该研究认为单茎绿叶数和有效分蘖数呈降低趋势,但并不

是分蘖力下降,而是碱胁迫刺激分蘖发生,甚至提前发生,却又抑制蘖芽的生长,造成有效分蘖率降低,这也是分蘖高峰推迟或不出现分蘖高峰的原因所在。从该试验结果看,不同参试材料之间数据存在差异,表明地上和地下伸长生长对胁迫的敏感性和协调性表现并不一致,地下根系的伸长生长所受抑制明显大于地上茎叶生长。并且水稻苗期根系和冠层干物质积累显著降低,延缓了生育进程。绥粳 5 号与龙粳 21 苗期耐碱性最强,垦稻 17、龙粳 29、龙粳 30、龙粳 35 和长白 9 号为耐碱性较强材料;龙粳 25 苗期耐碱性最弱。叶面积、绿叶数、根冠比和根冠长度比的相对值可作为水稻苗期耐碱性鉴定的形态指标。

参考文献:

- [1] Zhu J K. Plant salt tolerance[J]. Trends in Plant Science, 2001,6(2):66-71.
- [2] 牛东玲,王启基.柴达木盆地海西州弃耕地盐渍化特征及其治理[J].土壤通报,2002,33(5):329-331.
- [3] 应存山.中国稻种资源[M].北京:中国农业科技出版社,1993:79-80.
- [4] 程广有,许文会,黄永秀.关于水稻苗期 Na_2CO_3 筛选浓度和鉴定指标的研究[J].延边农学院学报,1994,26(1):42-51.
- [5] Neue H U. Rice and problem soils in south and Southeast Asia[M]. Manila:IRRI,1994:115-143.
- [6] 程广有,许文会,黄永秀,等.植物耐盐碱性的研究(一):水稻耐盐性与耐碱性相关分析[J].吉林林学院学报,1996,12(4):214-217.
- [7] Sigh R K, Mishra B, Chauhan M S, et al. Solution culture for screening rice varieties for sodicity tolerance[J]. Journal of Agricultural Science, 2002,139:327-333.
- [8] 郭望模,傅亚萍,孙宗修.水稻芽期和苗期耐盐指标的选择研究[J].浙江农业科学,2004(1):30-33.
- [9] 方先文,汤陵华,王艳平.耐盐水稻种质资源的筛选[J].植物遗传资源学报,2004,5(3):295-298.
- [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] 李取生,李秀军,李晓军,等.松嫩平原苏打盐碱地治理与利用[J].资源科学,2003,25(1):15-20.
- [12] 张瑞珍,邵玺文,童淑媛,等.盐碱胁迫对水稻源库与产量的影响[J].中国水稻科学,2006,20(1):116-118.
- [13] 梁正伟,杨富,王志春,等.盐碱胁迫对水稻主要生育性状的影响[J].生态环境,2004,13(1):43-46.
- [14] 王志春,孙长占,李秀军.苏打盐碱地水稻开发综合技术模式[J].农业系统科学与综合研究,2003(1):56-59.
- [15] 杨福,梁正伟,王志春,等.苏打盐碱胁迫下水稻净光合速率日变化及其与影响因子的关系[J].中国水稻科学,2007,20(4):386-390.
- [16] 李常健,林清华,张楚富,等. NaCl 对水稻谷氨酰胺合成酶活性及同工酶的影响[J].武汉大学学报:自然科学版,1999,45(4):497-500.
- [17] 邵玺文,张瑞珍,童淑媛,等.松嫩平原盐碱土对水稻叶绿素含量的影响[J].中国水稻科学,2005,19(6):570-572.
- [18] 张逸帆,倪沙,邓双丽,等.超级杂交水稻稻 6 号盐胁迫下的农艺生理变化[J].中国稻米,2009(3):7-9.
- [19] 李姝晋,朱建清,叶小英,等.干旱和盐胁迫下水稻品种的双重耐性差异[J].西南农业学报,2005,18(2):128-132.

Research on Seedling Alkali-resistant of Rice in Cold Region and Evaluation of Its Morphological Identification Indexes

ZHAO Hai-xin¹, XU Zheng-jin², PAN Guo-jun¹, DU Xiao-dong¹, CHEN Shu-qiang¹, HUANG Xiao-qun¹

(1. Rice Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi, Heilongjiang 154026; 2. Rice Research Institute, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 100866)

Abstract: In order to explore the effect of alkali stress on growth of cold rice, taking fifteen rice varieties as test materials by liquid culture. Mixed alkaline $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ (mass ratio 1:3) was used as medicament, and mass concentration of solution was 0.20%. Seedling alkali-resistant of rice in cold region and its morphological identification indexes were analyzed. The results showed that shoot and root length tended to decrease under 0.20% mixed alkaline stress. The inhibition for root elongation was the most significant, but the sensitivity to alkaline stress between aboveground and underground parts was not related. Leaf age process of rice was delayed under alkaline stress, and leaf area decreased, as well as the number of green leaf, root dry mass, canopy dry matter accumulation and root-shoot ratio, alkaline stress stimulated rice advance early into tillering stage. Change of leaf area per plant, green leaf number, root-shoot ratio and the relative value of length ratio of root to shoot could be used as morphological indexes for alkaline resistance identification at seedling stage of rice.

Key words: rice; seedling stage; alkaline stress; identification; evaluation