



孙兴荣, 卞景阳, 刘琳帅, 等. 碱胁迫对寒地粳稻芽期生长的影响及评价[J]. 黑龙江农业科学, 2021(8):16-22, 23.

碱胁迫对寒地粳稻芽期生长的影响及评价

孙兴荣^{1,2}, 卞景阳^{1,2}, 刘琳帅^{1,2}, 刘 凯^{1,3}, 来永才^{1,3}, 杜志强², 马 兰²

(1. 国家耐盐碱水稻技术创新中心东北分中心, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江省农业科学院大庆分院, 黑龙江 大庆 163316; 3. 黑龙江省农业科学院, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为了建立寒地粳稻耐碱评价指标体系, 筛选出适宜苏打盐碱地种植的寒地粳稻种质资源, 本研究采用混合碱胁迫处理 70 份寒地粳稻种质, 研究混合碱对寒地粳稻萌发期芽长、根长、芽干重、根干重等指标的影响, 并以各单项指标耐碱系数作为评价芽期的耐碱性依据, 利用相关分析及模糊数学中的隶属函数法对寒地粳稻材料进行耐碱性综合评价。结果表明:通过隶属函数法对不同寒地粳稻材料进行耐碱排序, 将 70 份粳稻种质分为四大类, 其中有 14 份粳稻材料属于强耐碱、31 份粳稻材料属于耐碱、24 份粳稻材料属于中度耐碱、1 份粳稻材料属于敏感品种。

关键词:碱胁迫; 寒地粳稻; 芽期; 耐碱性

近年来, 由于全球气候异常变化、人口增长、工业污染加剧、灌溉农业的发展和化肥使用不当等因素影响, 造成土壤盐碱化逐渐加剧^[1], 截至 2019 年根据联合国教科文组织 (UNESCO) 和粮农组织 (FAO) 不完全统计, 我国盐碱地面积为 0.99 亿 hm^2 , 约占世界盐碱地面积的 10.3%^[2]。未来我国土地盐碱化程度还会不断加剧, 使农业可持续发展受到严重威胁。

黑龙江省是我国寒地粳稻种植面积和总产量最大的省份, 但松嫩平原的盐碱土壤条件严重限制了粮食产量的增加^[3-4]。目前, 针对盐碱地的改良措施如淡水压碱、淡水洗盐、抬高地面等均受到气候、水文条件的严重限制, 且投资巨大、易引起土壤反盐, 因此, 仅仅可作为盐碱土的改良手段^[5-6]。研究表明, 水稻根系具有吸收盐分和分泌有机酸的作用, 其生长的水环境能够淡化土壤表层盐碱度, 是改良盐碱地的首选粮食作物^[7-9]。在盐碱地合理种植水稻不仅可以改良盐碱地, 还可以提高水稻总产量。

目前, 对于水稻耐盐碱性方面已经开展大量的研究, 但多集中在以 NaCl 中性盐溶液胁迫模拟盐环境上。Tian 等^[10]以粳稻与普通野生稻杂交得到的 87 个 ILS 群体为试验材料, 进行了耐盐性指标的筛选。郑崇珂等^[11]认为当盐浓度超过 $15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 抑制作用才会达到极显著, 并以相对盐害率作为耐盐评价指标。有些研究者利用其他方法鉴定水稻发芽期的耐盐能力。荆瑞勇等^[12]以 8 个水稻品种和 3 个自育品系为试验材料, 以种子萌发指标和幼苗生长指标的相对值作为耐盐性评价指标, 利用模糊数学中的隶属函数法对这 11 个水稻进行耐盐性综合评价。

虽然学者对水稻耐盐性做了大量的工作, 但针对松嫩平原苏打盐碱地的水稻耐碱性研究相对较少, 相关研究表明, 芽期是最容易受碱害的生长时期^[13-14], 本研究以松嫩平原苏打盐碱地为背景, 对 70 份寒地粳稻品种进行芽期的耐碱性综合评价, 以期后续水稻耐碱资源鉴定与耐碱品种选育奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

选用 70 份寒地粳稻种质为供试材料, 名称及编号详见表 1。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验所用药品为 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ 质量比 1:3 的混合碱, 浓度为 0.2%, 采用培养皿纸上发芽法^[15], 将试验种子经 0.2% 的

收稿日期: 2021-04-29

基金项目: 黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项 (HNK2019CX02); 黑龙江省农业科学院高效、绿色现代农业示范项目 (TGY-2020-27); 国家重点研发计划 (2017YFD0300107); 黑龙江省省属科研院所科研业务费项目—国家耐盐碱水稻技术创新中心东北分中心建设 (CZKYF2020A001)。

第一作者: 孙兴荣 (1984—), 女, 硕士, 助理研究员, 从事水稻耐碱研究。E-mail: dqnkysxr@126.com。

通信作者: 卞景阳 (1980—), 男, 博士, 副研究员, 从事作物栽培研究。E-mail: bjiy19800926@163.com。

HgCl₂ 杀菌 20 min 后,经流动蒸馏水冲洗干净后置于铺有双层滤纸的口径为 9 cm 的培养皿中,每个处理选择 50 粒种子,3 次重复,对照组加入蒸馏水 10 mL,处理组加入浓度为 0.2% 的药液 10 mL。放入 30 ℃ 培养箱中进行发芽试验,每 24 h 更换一次处理液,7 d 后于培养箱内取出,测定种芽的芽长、根长、根干重、芽干重,并计算芽率。

表 1 供试寒地粳稻材料

编号	名称	编号	名称	编号	名称
S01	龙香 2 号	S25	庆 402	S49	龙粳 43
S02	龙稻 7 号	S26	庆 401	S50	松粳 20
S03	龙稻 14	S27	广稻 1 号	S51	松 98131
S04	龙稻 17	S28	庆 427	S52	松香 188
S05	龙稻 21	S29	庆 460	S53	松 378
S06	龙稻 22	S30	龙洋 1 号	S54	D131
S07	龙稻 5 号	S31	松粘 1 号	S55	D132
S08	龙稻 8 号	S32	松梗香 2 号	S56	D133
S09	龙稻 9 号	S33	松梗 3 号	S57	D134
S10	龙稻 16	S34	松梗 5 号	S58	绥粳 4 号
S11	龙稻 18	S35	松梗 6 号	S59	绥粳 8 号
S12	龙稻 20	S36	松梗 7 号	S60	绥粳 14
S13	庆 426	S37	北稻 6 号	S61	绥粳 15
S14	庆 429	S38	松梗 9 号	S62	绥粳 17
S15	龙稻 23	S39	松梗 10 号	S63	绥粳 18
S16	龙粳 26	S40	松梗 12	S64	绥粳 19
S17	龙粳 29	S41	松梗 14	S65	五优稻 1 号
S18	龙粳 45	S42	松梗 15	S66	牡丹江 28
S19	龙粳 46	S43	松梗 16	S67	东农 428
S20	龙粳 47	S44	松梗 17	S68	七星
S21	龙粳 48	S45	松梗 18	S69	苗稻 2 号
S22	龙粳 49	S46	松梗 19	S70	莲稻 2 号
S23	庆盐 2 号	S47	松梗 21		
S24	龙庆稻 3 号	S48	龙稻 6 号		

1.2.2 测定项目及方法 7 d 内发芽种子测定:培养 7 d 后从培养箱中取出,计算 7 d 内种子发芽粒数,用于计算发芽率。

发芽率(%) = 7 d 天内发芽种子粒数 / 供试种子粒数 × 100 (1)

根、芽干重的测定:经 105 ℃ 杀青 30 min 后,在 80 ℃ 烘干至恒重,每个品种取样 20 株,计算平均值。

相对根干重 = 碱胁迫下平均根干重 / 对照平均根干重 (2)

相对芽干重 = 碱胁迫下平均芽干重 / 对照平均芽干重 (3)

1.2.3 数据分析 采用 SPSS 19.0 软件系统进行数据处理和统计分析,采用 Excel 2007 进行图表的绘制,相关指标计算方法参照戴海芳等^[16]的方法。

耐碱系数 (Alkali Tolerant Coefficients, ATC):采用所有水稻测定指标统一计算耐碱系数,用以消除各试验材料和测量指标之间存在的基础差异,即使用各耐碱指标的相对值进行水稻耐碱性综合分析。

ATC = 碱胁迫下指标值 / 对照指标值 (4)

耐碱系数的隶属函数值计算:参照张国新等^[17]的方法计算芽期各指标耐碱系数的隶属函数值,对芽期供试的 70 份寒地粳稻品种(系)进行综合评价。

隶属函数值 [X(m), X(n)] 计算方程为:

$X(m) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ (5)

$X(n) = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ (6)

式中, X 为各鉴定水稻品种某一指标的测定值; X_{max} 为所有试验材料某一指标的最大值; X_{min} 为所有试验材料某一指标的最小值。如果某一指标与抗碱性指标呈正相关,则采用(5)式计算隶属值,反之则用(6)式,最后,再将每份材料各个指标的隶属值累加求其平均值。

根据隶属函数值对供试材料进行耐碱性分级:0.800~1.000 为 1 级,属于高耐碱品种;0.600~0.800 为 2 级,属耐碱品种;0.400~0.600 为 3 级,属中度耐碱品种;0.200~0.400 为 4 级,属敏感品种。

2 结果与分析

2.1 供试材料的耐碱系数与相关分析

由表 2 可知,碱胁迫条件下 70 份试验材料的 5 个性状的耐碱系数平均值为 0.769,数值分布在 0.069~1.000,其中芽率的耐碱系数均值最大为 0.975,根长的耐碱系数均值最小为 0.577。从变异系数看,耐碱系数根重的变异系数最大为

41.36%，随后依次为根长24.91%、芽重13.36%、芽长 10.91%、芽率 2.28%。

表 2 供试材料耐碱系数的描述性分析

指标	平均耐碱系数	标准差	变异系数/%	分布区间
根长	0.577	0.144	24.91	0.214~0.941
芽长	0.852	0.093	10.91	0.584~0.996
芽率	0.975	0.022	2.28	0.875~1.000
根重	0.585	0.242	41.36	0.069~0.987
芽重	0.858	0.115	13.36	0.473~1.000

由表 3 可知,碱胁迫对寒地粳稻芽期根长、芽长等指标耐碱系数的性状间存在不同程度的相关性。其中根长的耐碱系数与芽长、芽重的耐碱系数呈极显著正相关、芽重的耐碱系数与根长、芽长的耐碱系数呈极显著正相关,根重的耐碱系数与根长、芽率的耐碱系数呈显著正相关。

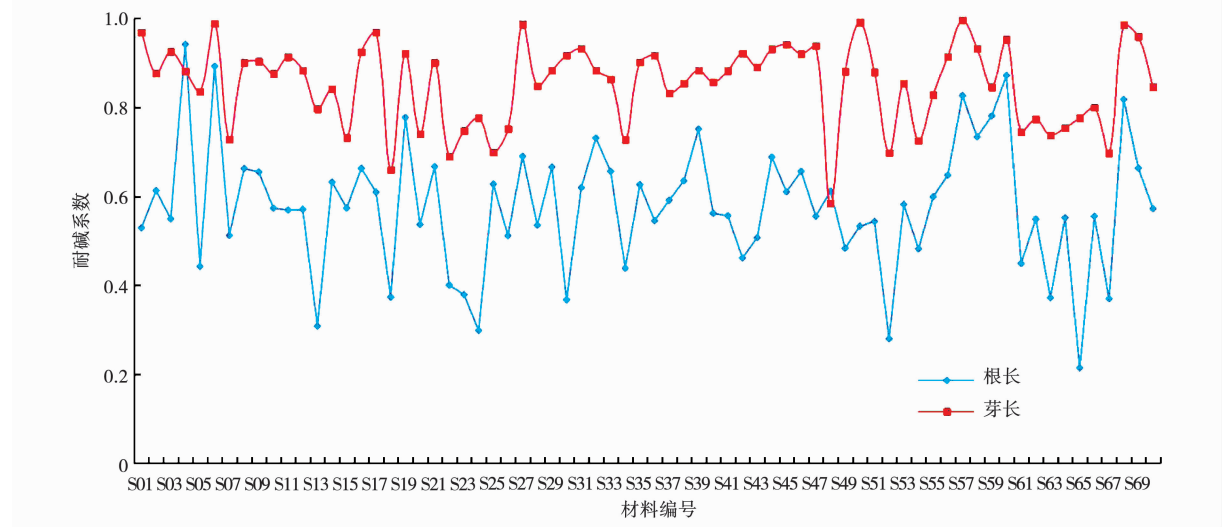


图 1 碱胁迫对水稻芽期芽长和根长的影响

同时,碱胁迫在一定程度上也会抑制寒地粳稻芽期根长的生长,耐碱系数越大碱胁迫伤害越小。由图 1 可知,试验材料根长的耐碱系数范围在 0.214~0.941,其中 30 个材料耐碱系数高于均值,占试验品种数的 43%,材料 S04 的耐碱系数最高为 0.995,S65 的耐碱系数最低为 0.577。

将碱胁迫下水稻芽期芽长与根长的影响情况对比发现,芽长与根长的耐碱系数均值分别为 0.852和 0.577(表 2),前者远大于后者,说明碱胁迫对根长的抑制作用大于芽长。二者的耐碱系数极显著正相关。

表 3 供试材料 5 个性状耐碱系数的相关分析

项目	根长	芽长	芽率	根重	芽重
根长	1.000				
芽长	0.567**	1.000			
芽率	0.170	0.114	1.000		
根重	0.286	0.393*	0.289*	1.000	
芽重	0.383**	0.462**	-0.004	0.229	1.000

注:*和**分别表示 0.05 和 0.01 水平上显著相关。

2.2 碱胁迫对寒地粳稻芽期生长指标的影响

2.2.1 对芽长和根长的影响 碱胁迫在一定程度上抑制寒地粳稻芽期的生长,耐碱系数越大碱胁迫伤害越小。由图 1 可知,试验材料芽长的耐碱系数范围在 0.584~0.995,其中 42 个品种耐碱系数高于均值,占试验品种数的 60%,其中 S50 和 S57 的耐碱系数较高,均高于 0.99,S18 的耐碱系数最低为 0.584。

2.2.2 对芽率的影响 胁迫在一定程度上抑制寒地粳稻种子萌发,耐碱系数越大说明碱胁迫对种子伤害越小。由图 2 可知,试验品种芽率的耐碱系数范围在0.875~1.000,均值为 0.975,其中 44 个材料的耐碱系数高于均值,占试验材料的 63%,其中 S01、S06、S29、S39、S51、S57、S61、S62、S63、S67、S69 和 S70 的耐碱系数最高均达到 1,说明不同粳稻品种对碱胁迫的影响不同,S65 的耐碱系数最低为 0.875。

2.2.3 对芽重和根重的影响 碱胁迫在一定程度上抑制寒地粳稻芽期芽重的增长,碱胁迫伤害

越大碱害率越大。碱胁迫对水稻芽重的影响如图 3 所示,试验品种芽重的耐碱系数范围在 0.473~1.000,其中 39 个材料的耐碱系数高于均值,占试

验材料总数的 56%,其中 S01 的耐碱系数最高达到 1.000,S23 的耐碱系数最低为 0.473。

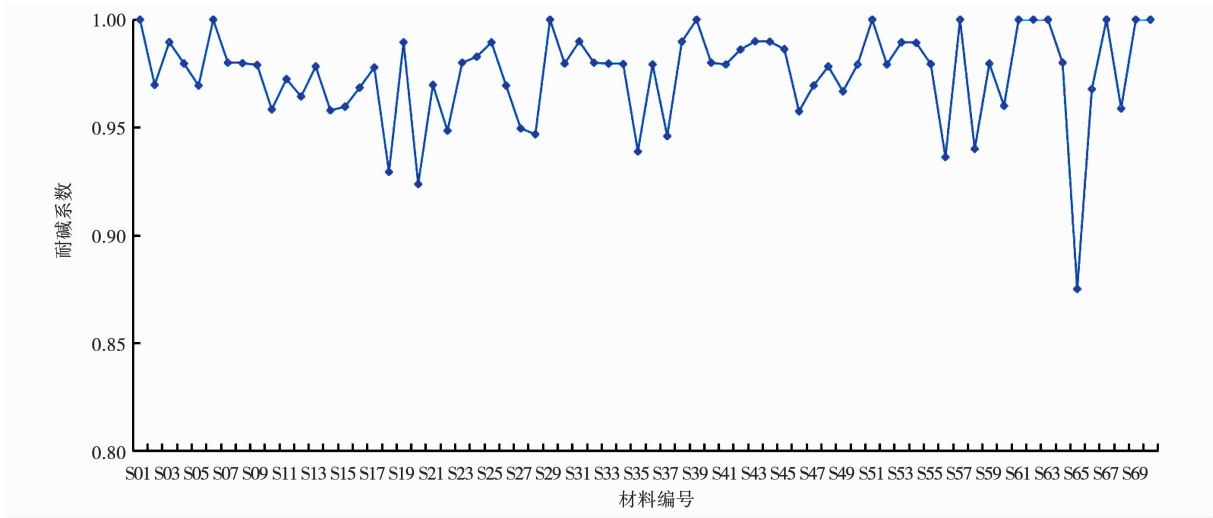


图 2 碱胁迫对水稻芽率的影响

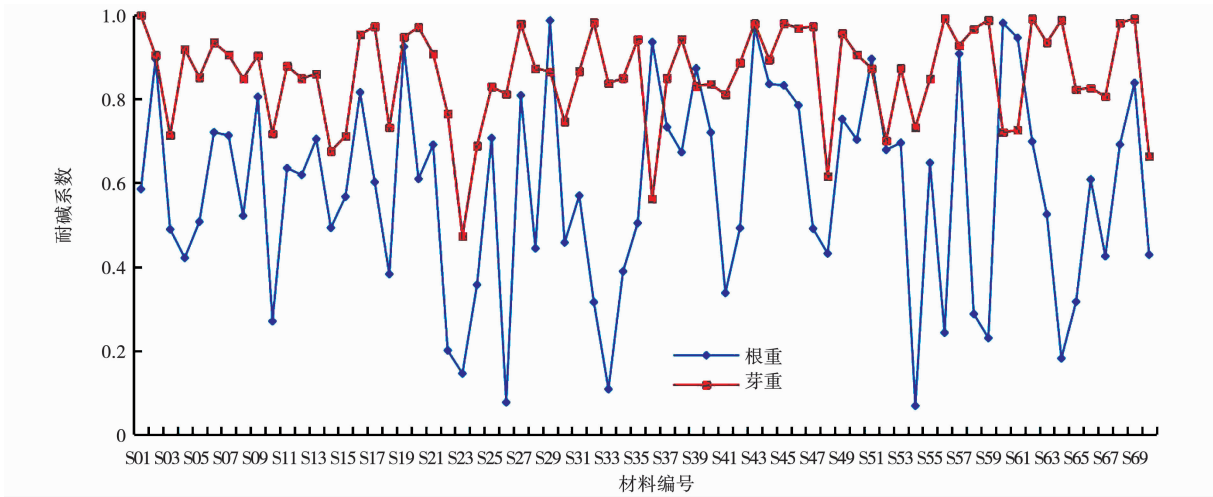


图 3 碱胁迫对水稻芽期芽重和根重的影响

碱胁迫在一定程度上抑制寒地粳稻芽期根重的增长,耐碱系数越大碱胁迫伤害越小。碱胁迫对水稻根重的影响如图 3 所示,试验材料根重的耐碱系数范围在 0.070~0.981,其中 38 个材料的耐碱系数高于均值,占试验材料总数的 54%,其中 S29 和 S60 耐碱系数较高,分别为 0.987 和 0.981;S26 和 S54 的耐碱系数较低,分别为 0.080 和 0.070。

将碱胁迫对水稻芽期芽重的影响情况与碱胁迫对水稻芽期根重的影响情况对比发现,试验品种芽重的耐碱系数均值为 0.858,根重耐碱系数

均值为 0.585,芽重的耐碱系数远大于根重,说明碱胁迫对根重的影响大于芽重。芽重的耐碱系数与根重耐碱系数达到极显著正相关。

2.3 碱胁迫下寒地粳稻的耐碱性评价

采用模糊数学隶属函数法对寒地粳稻的耐碱性进行综合评价,对各个指标的隶属函数值累加求平均值。隶属值越大,则耐碱性越强^[18]。通过比较最终确定其耐碱排序(表 4),序号 1~14 的材料属于强耐碱材料;序号 15~45 的材料属于耐碱材料;序号 46~69 的材料属中度耐碱材料;序号 70 的 D131 属敏感材料。

表 4 不同粳稻材料的芽期耐碱性综合评价

序号	材料名称	根长	芽长	芽率	根重	重	平均值	级别
1	D134	0.8153	0.9952	1.0000	0.9023	0.9237	0.9273	1
2	龙粳 46	0.7628	0.9157	0.9888	0.9203	0.9448	0.9065	1
3	苗稻 2 号	0.6417	0.9560	1.0000	0.8285	0.9915	0.8835	1
4	广稻 1 号	0.6700	0.9854	0.9463	0.7967	0.9781	0.8753	1
5	庆 460	0.6443	0.8747	1.0000	0.9866	0.8574	0.8726	1
6	松粳 18	0.5850	0.9373	0.9854	0.8221	0.9797	0.8619	1
7	松粳 10	0.7352	0.8756	1.0000	0.8654	0.8205	0.8593	1
8	松粳 16	0.4758	0.8830	0.9893	0.9692	0.9795	0.8593	1
9	龙稻 7 号	0.5882	0.8684	0.9678	0.8893	0.8988	0.8425	1
10	龙稻 9 号	0.6325	0.8968	0.9776	0.7930	0.8979	0.8396	1
11	松 98131	0.5143	0.8710	1.0000	0.8895	0.8650	0.8280	1
12	龙粳 48	0.6456	0.8938	0.9678	0.6715	0.9026	0.8162	1
13	龙粳 29	0.5843	0.9663	0.9764	0.5768	0.9718	0.8151	1
14	龙香 2 号	0.4990	0.9664	1.0000	0.5591	1.0000	0.8049	1
15	松粳 19	0.4503	0.8729	0.9645	0.7368	0.9542	0.7958	2
16	松 378	0.5552	0.8438	0.9888	0.6764	0.8657	0.7860	2
17	松粘 1 号	0.5950	0.9270	0.9893	0.5424	0.8581	0.7823	2
18	龙稻 18	0.5417	0.9072	0.9707	0.6123	0.8716	0.7807	2
19	北稻 6 号	0.5651	0.8215	0.9425	0.7163	0.8405	0.7772	2
20	松粳 21	0.5269	0.9337	0.9674	0.4588	0.9720	0.7718	2
21	松粳 6 号	0.6021	0.8950	0.9349	0.4728	0.9389	0.7687	2
22	D132	0.5731	0.8171	0.9781	0.6257	0.8393	0.7666	2
23	龙稻 22	0.8851	0.9873	0.3197	0.7032	0.9310	0.7653	2
24	绥粳 15	0.4139	0.7285	1.0000	0.9430	0.7088	0.7588	2
25	庆 402	0.6036	0.6799	0.9888	0.6886	0.8188	0.7560	2
26	龙稻 5 号	0.4809	0.7105	0.9787	0.6952	0.8998	0.7530	2
27	绥粳 8 号	0.7667	0.8354	0.9783	0.1812	0.9878	0.7499	2
28	龙稻 17	0.9376	0.8736	0.4740	0.3846	0.9139	0.7167	2
29	龙稻 14	0.5206	0.9198	0.9889	0.4570	0.6953	0.7163	2
30	庆 426	0.2641	0.7834	0.9769	0.6860	0.8511	0.7123	2
31	绥粳 14	0.8633	0.9490	0.0301	0.9805	0.7031	0.7052	2
32	龙稻 21	0.4068	0.8248	0.9674	0.4763	0.8425	0.7036	2
33	绥粳 18	0.3322	0.7205	1.0000	0.4949	0.9307	0.6957	2
34	松粳 14	0.5281	0.8746	0.9778	0.2954	0.7989	0.6950	2
35	七星	0.8061	0.9841	0.0265	0.6721	0.9808	0.6939	2
36	龙稻 23	0.5464	0.7148	0.9570	0.5397	0.6936	0.6903	2
37	龙粳 26	0.6413	0.9187	0.1144	0.8045	0.9514	0.6860	2
38	松粳 17	0.6682	0.9263	0.0424	0.8256	0.8876	0.6700	2
39	松粳 3 号	0.6341	0.8540	0.9783	0.0514	0.8273	0.6690	2

表 4 (续)

序号	材料名称	根长	芽长	芽率	根重	芽重	平均值	级别
40	龙粳 43	0.6341	0.9150	0.0391	0.7715	0.9668	0.6653	2
41	东农 428	0.3298	0.6775	1.0000	0.3887	0.7939	0.6380	2
42	松粳 20	0.5030	0.9902	0.0369	0.6844	0.9005	0.6230	2
43	龙稻 8 号	0.6409	0.8937	0.2335	0.4911	0.8393	0.6197	2
44	松粳 9 号	0.6116	0.8444	0.0491	0.6525	0.9392	0.6193	2
45	龙稻 20	0.5432	0.8753	0.1522	0.5949	0.8400	0.6011	2
46	绥粳 17	0.5201	0.7587	0.0304	0.6797	0.9915	0.5961	3
47	松粳 12	0.5339	0.8472	0.0461	0.7028	0.8252	0.5911	3
48	松粳 7 号	0.5163	0.9112	0.0512	0.9321	0.5344	0.5890	3
49	松粳香 2 号	0.7139	0.8751	0.0577	0.2721	0.9821	0.5802	3
50	绥粳 4 号	0.7164	0.9276	0.0304	0.2421	0.9654	0.5764	3
51	五优稻 1 号	0.1643	0.7618	0.8670	0.2732	0.8116	0.5756	3
52	龙粳 47	0.5071	0.7238	0.0869	0.5848	0.9699	0.5745	3
53	D133	0.6252	0.9081	0.0314	0.1947	0.9926	0.5504	3
54	牡丹江 28	0.5268	0.7867	0.0276	0.5834	0.8154	0.5480	3
55	松粳 15	0.4269	0.9160	0.0442	0.4603	0.8794	0.5454	3
56	庆 429	0.6083	0.8309	0.1294	0.4608	0.6551	0.5369	3
57	庆 427	0.5055	0.8376	0.0636	0.4087	0.8649	0.5360	3
58	庆盐 2 号	0.3395	0.7308	0.9787	0.0912	0.4398	0.5160	3
59	龙稻 16	0.5461	0.8675	0.1818	0.2235	0.6994	0.5037	3
60	龙洋 1 号	0.3271	0.9111	0.0616	0.4235	0.7301	0.4907	3
61	莲稻 2 号	0.5449	0.8358	0.0269	0.3924	0.6421	0.4884	3
62	绥粳 19	0.5231	0.7380	0.0288	0.1296	0.9878	0.4815	3
63	松粳 5 号	0.4026	0.7100	0.0543	0.3502	0.8404	0.4715	3
64	松香 188	0.2339	0.6781	0.0354	0.6585	0.6822	0.4576	3
65	龙稻 6 号	0.5868	0.5577	0.0384	0.3956	0.5916	0.4340	3
66	龙粳 45	0.3333	0.6376	0.0972	0.3433	0.7154	0.4254	3
67	庆 401	0.4804	0.7357	0.0703	0.0178	0.8001	0.4209	3
68	龙庆稻 3 号	0.2538	0.7620	0.0773	0.3163	0.6686	0.4156	3
69	龙粳 49	0.3620	0.6703	0.0812	0.1497	0.7504	0.4027	3
70	D131	0.4489	0.7078	0.0345	0.0091	0.7149	0.3830	4

3 讨论

3.1 苏打盐碱土胁迫环境的模拟

苏打盐碱土含盐主要以碳酸钠和碳酸氢钠为主,属于碱胁迫环境,与一般的盐胁迫相比,除受到大量的盐离子毒害外,还有高 pH 对植物的影响^[19]。祁栋灵等^[20]选用单一碱(0.2%碳酸钠)模拟碱胁迫环境;王志欣等^[21]选用单一碱(50 mmol·L⁻¹碳酸氢钠)作为碱胁迫环境,利用

单一碱模拟胁迫条件来研究植物的抗性具有局限性,因此,本试验选用混合碱碳酸钠和碳酸氢钠来模拟碱胁迫环境,对比单一的碱更能反映苏打盐碱土的真实胁迫情况。

3.2 碱胁迫对寒地粳稻芽期生长的影响

根系是物质储存、水分和养分吸收的重要器官,并且直接与土壤接触,是胁迫环境下直接的接触器官,其生长状况直接体现了作物对胁迫环境

的适应能力^[22]。赵海鑫^[15]对 165 份粳稻品种的耐碱性研究中,水稻的芽和根的生长均受到一定程度的抑制,其中对胚根的抑制作用较强,而对芽的抑制作用相对较弱;高尚等^[23]认为碱胁迫对粳稻的抑制作用,地下部分大于地上部分。本试验中,碱胁迫在一定程度上抑制了寒地粳稻芽期的生长,胁迫对各指标的耐碱系数大小依次为:芽率>芽重>芽长>根重>根长,说明碱胁迫对粳稻芽期的抑制作用,地下部分大于地上部分,此研究与前人的研究结果一致。其中芽率的耐碱系数最大,有 12 个粳稻材料芽率的耐碱系数均为 1,究其原因可能是由于不同粳稻材料对碱胁迫的响应不同,亦或是此试验中的碱胁迫强度较弱。

3.3 耐碱系数评价耐碱性

在进行耐碱性评价时,为了消除不同水稻品种和测量指标之间存在的基础差异,试验中采用耐碱系数(胁迫下指标值/对照指标值)来进行评价。李红宇等^[24]在对 50 份北方粳稻材料 28 项表型指标进行研究时,采用了耐盐碱系数作为评价水稻耐盐碱性依据;耿雷跃等^[25]在对水稻全生育期耐盐鉴定时采用了耐盐系数,这样可以有效地消除试验材料间的基础性状差异。

4 结论

碱胁迫可以使水稻芽期的根长、根重、芽长、芽重、芽率降低,其耐碱性从大到小依次为芽率>芽重>芽长>根重>根长,其平均耐碱系数分别为 0.975,0.858,0.852,0.585 和 0.577。从 70 份寒地粳稻品种(系)中筛选出芽期强耐碱材料 14 份,耐碱材料 31 份,中度耐盐碱材料 24 份,敏感材料 1 份。

参考文献:

- [1] 王英,张国民,李景鹏,等.寒地粳稻耐碱研究进展及开发前景[J].作物杂志,2016,176(6):1-8.
- [2] 宋冬明,贺梅,李春光.水稻耐盐研究进展及展望[J].北方水稻,2013,43(1):74-77.
- [3] 李秀军.松嫩平原西部土地盐碱化与农业可持续发展[J].地理科学,2000,20(1):51-55.
- [4] 于文全,刘春光,柴永山,等.黑龙江省寒地粳稻生产发展形势的政策背景分析[J].中国稻米,2012,18(3):80-83.
- [5] 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):258-262.
- [6] 韩贵清,周连仁.黑龙江盐渍土改良与利[M].北京:中国农业出版社,2011.

- [7] 冷春旭,郑福余,赵北平,等.水稻耐碱研究进展[J].生物技术通报,2020,36(11):22-27.
- [8] 徐璐,王志春,赵长巍,等.东北地区盐碱土及耕作改良研究进展[J].中国农学通报,2011,27(27):23-31.
- [9] 梁银培,孙健,索艺宁,等.水稻耐盐性和耐碱性相关性状的 QTL 定位及环境互作分析[J].中国农业科学,2017,50(10):1747-1762.
- [10] TIAN L, TAN L, LIU F, et al. Identification of quantitative trait loci associated with salt tolerance at seedling stage from *Oryza rufipogon* [J]. Journal of Genetics and Genomics, 2011, 38(12):593-601.
- [11] 郑崇珂,张治振,周冠华,等.不同水稻品种发芽期耐盐性评价[J].山东农业科学,2018,50(10):38-42.
- [12] 荆瑞勇,王丽艳,郑桂萍,等.水稻萌发期和幼苗期耐盐性鉴定指标筛选及综合评价[J].黑龙江八一农垦大学学报,2019,31(6):1-6.
- [13] 尹尚军. NaCl 与 Na₂CO₃ 对水培小麦幼苗胁迫作用的比较[J].浙江万里学院学报,2002,15(1):59-62.
- [14] XIE G S, ZHU B H, PENG X H. Comparison of the response of rice NaCl and NaHCO₃ stress with different pH value [J]. Journal Huazhong (Central China) Agricultural University, 2005, 24(2):121-124.
- [15] 赵海新.寒地水稻对碱胁迫的响应及鉴定指标评价[J].沈阳:沈阳农业大学,2012.
- [16] 戴海芳,武辉,阿曼古丽·买买提阿力,等.不同基因型棉花苗期耐盐性分析及其鉴定指标筛选[J].中国农业科学,2014,47(7):1290-1300.
- [17] 张国新,王秀萍,鲁雪林.隶属函数法鉴定水稻品种耐盐性[J].安徽农学通报,2011,17(1):36-37.
- [18] 陈德明,俞仁培,杨劲松.盐渍条件下小麦抗盐性的隶属函数法评价[J].土壤学报,2002,39(3):368-374.
- [19] SHI D C, WANG D L. Effects of various salt-alkaline mixed stresses on *Aneurolepidium chinense* (Trin.) Kitag [J]. Plant and Soil, 2005, 271(1/2):15-26.
- [20] 祁栋灵,韩龙植,张三元.水稻耐盐/碱性鉴定评价方法[J].植物遗传资源学报,2005,6(2):226-230.
- [21] 王志欣,邹德堂,刘华龙,等.东北粳稻芽期耐盐碱性差异研究[J].黑龙江农业科学,2012(8):6-11.
- [22] 郭剑,李彩凤,桑丽敏,等. Na₂CO₃ 胁迫对甜菜幼苗生长、根系活力的影响[J].作物杂志,2015(5):141-144.
- [23] 高尚,李红宇,潘世驹,等.粳稻幼苗前期耐盐碱性鉴定方法研究[J].黑龙江农业科学,2014(12):36-39.
- [24] 李红宇,李逸,司洋,等.北方粳稻耐盐碱相关性状主成分分析及综合评价[J].核农学报,2020,34(8):1862-1871.
- [25] 耿雷跃,马小定,崔迪,等.水稻全生育期耐盐鉴定评价方法研究[J].植物遗传资源学报,2019,20(2):267-275.



邱桂俐, 王建丽, 申忠宝, 等. 钠盐胁迫对锁链稗种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2021(8):23-26.

钠盐胁迫对锁链稗种子萌发及幼苗生长的影响

邱桂俐¹, 王建丽¹, 申忠宝¹, 潘多锋¹, 邢 星¹, 边亚娟², 高 超¹

(1. 黑龙江省农业科学院 草业研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江生物科技职业学院, 黑龙江 哈尔滨 150025)

摘要:为促进锁链稗草在盐碱土改良中的应用, 采用滤纸培养法, 测定了不同浓度的 NaCl、NaHCO₃ 和 Na₂CO₃ 胁迫下, 锁链稗种子的发芽势、发芽率、发芽指数以及芽长和根长。结果表明:低浓度 NaCl(50 mmol·L⁻¹)胁迫下, 可促进锁链稗种子萌发;随着钠盐浓度的增加, 锁链稗的发芽率、发芽势和发芽指数都呈现出逐渐降低的趋势, 抑制作用为 Na₂CO₃ > NaHCO₃ > NaCl。钠盐胁迫抑制了锁链稗幼苗的生长, 低浓度的 NaCl(50 和 100 mmol·L⁻¹)胁迫对锁链稗种子的芽长和根长影响不显著, 而高浓度的 NaCl(>100 mmol·L⁻¹)则显著降低芽长和根长。NaHCO₃ 和 Na₂CO₃ 胁迫下, 锁链稗的芽长和根长均显著低于对照。

关键词:锁链稗; 盐胁迫; 种子萌发; 生长势

土壤盐渍化严重威胁着全球农业生产与生态环境, 是我国当前存在的六大生态问题之一^[1-2]。松嫩平原是世界上三大盐渍地区之一, 盐碱地面积约为 319.7 万 hm²^[3]。松嫩草原地势平坦、草质优良, 是世界面积最大的禾本科牧草产区, 一直

是国家重要的畜牧生产基地。然而, 从 20 世纪 50 年代受自然灾害、气候、人为等因素影响, 松嫩草地盐碱化现象日益严重^[4]。草地盐碱化不仅降低草地的生产能力, 而且使生态环境不断恶化。众多的研究已经证实, 人工种植耐盐碱植物是快速修复盐碱化草地的最佳途径^[5], 既可提高草地生产力, 又能改善生态环境, 提高社会效益。

稗草(*Echinochloa crusgalli* Beauv)是禾本科稗属一年生草本植物, 其营养物质丰富、草质好、产量高, 是一种优质的牧草。此外, 稗草具有很强的适应性和抗逆性, 也是一种优良的生态草^[6-7]。在实践生产中, 稗草被广泛地应用于盐碱

收稿日期:2021-05-22

基金项目:中央财政林业科技推广示范项目(2019HZT11号);黑龙江省农业科学院院级课题(2020FJZX038, 2020FJZX048)。

第一作者:邱桂俐(1973—), 女, 硕士, 高级农艺师, 从事牧草栽培和草地改良研究。E-mail: diguili59@163.com。

通信作者:高超(1979—), 女, 硕士, 副研究员, 从事草地生态改良研究。E-mail: gaochaopdf2000@163.com。

Effects and Evaluation of Alkali Stress on *Japonica* Rice Growth in Cold Region

SUN Xing-rong^{1,2}, BIAN Jing-yang^{1,2}, LIU Lin-shuai^{1,2}, LIU Kai^{1,3}, LAI Yong-cai^{1,3}, DU Zhi-qiang², MA Lan²

(1. Northeast Branch of National Salt-Alkali Tolerant Rice Technology Innovation Center, Daqing 163319, China; 2. Daqing Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 163316, China; 3. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to establish an evaluation index system for the alkali tolerance of *japonica* rice in cold region, the germplasm resources of cold region *japonica* rice suitable for planting in soda saline-alkali land were selected. Using mixed alkali stress to treat 70 cold region *japonica* rice germplasms, the effects of mixed alkali on the bud length, root length, bud dry weight, root dry weight and other indexes of cold region *japonica* rice at the germination stage were studied, and the individual index alkali tolerance coefficient was used for the evaluation. Based on the alkali tolerance at the bud stage, the correlation analysis and the membership function method in fuzzy mathematics were used to comprehensively evaluate the alkali tolerance of cold-land *japonica* rice materials and cluster analysis. The results showed that 70 *japonica* rice germplasms were divided into four major categories by using the membership function method to sort the *japonica* rice materials in different cold regions, of which 14 *japonica* rice materials were highly salt-tolerant and 31 *japonica* rice materials were salt-tolerant 24 *japonica* rice materials were moderately salt-tolerant and 1 *japonica* rice material was a sensitive variety.

Keywords: alkali stress; cold region *japonica* rice; bud stage; alkali resistance