王薇薇,吴永成,梅　燚,等. 大蒜萌发期耐盐性综合评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(21):143 - 146.
doi:10.15889/j.issn.1002 - 1302.2021.21.022

大蒜萌发期耐盐性综合评价

王薇薇, 吴永成, 梅　燚, 祖艳侠, 郑佳秋
(江苏沿海地区农业科学研究所,江苏盐城 224002)

摘要:以 10 份大蒜种质资源为材料,对其进行耐盐性分析。在大蒜萌芽期用氯化钠(NaCl)溶液进行盐胁迫处理,分别测定处理 7、14 d 后的发芽率、芽长和根长,以处理组和对照组的相对比值作为耐盐系数,利用主成分分析法、隶属函数值法对大蒜萌发期耐盐能力进行综合评价。结果表明,盐胁迫下大蒜的发芽率、根长和芽长均随着盐胁迫浓度增加呈下降趋势,材料间各指标具有一定差异。盐胁迫延长大蒜的发芽时间,盐浓度越高,种子萌发时间越久。综合来看,10 个大蒜种质材料中,耐盐性强弱依次为金乡大蒜、邳州紫皮、邳州紫皮蒜、徐州白皮蒜、SDSH、川蒜、金乡紫皮、二水早、三月黄和苍山 1。

关键词:大蒜;萌发期;盐胁迫;耐盐系数;综合评价;主成分分析;隶属函数值
中图分类号: S633.401　　**文献标志码:** A　　**文章编号:**1002 - 1302(2021)21 - 0143 - 04

土壤盐渍化是全球性的重大资源问题和环境问题,是影响土地生产力、制约农作物生产的主要障碍因子[1-3]。我国是世界盐碱地大国,盐碱土面积大且分布广泛,占耕地面积的 25%[4]。随着工业污染加剧和设施栽培面积扩大,耕作方式不合理,农药、化肥的过量施用及灌溉不科学等问题,造成土壤次生盐渍化面积逐年增加,导致可耕地面积逐年急剧下降[5-6]。土壤中盐浓度过高,引起渗透压变化,造成植物根系吸水困难;高浓度盐离子进入植株体内,破坏了细胞内外的离子平衡,导致植株代谢紊乱,积累大量活性氧,造成植物损伤,最终影响植物生长发育,甚至死亡[7-10]。因此,如何开发和利用我国盐渍化土壤,提高作物产量,成为我国农业生产中一项十分迫切和重要的任务。

针对我国土壤盐渍化不断增加、范围不断扩大的严峻形势以及粮食安全等因素,培育耐盐作物品种或利用有经济价值的盐生植物资源是开发和利用盐碱地的最佳途径。大蒜(*Allium sativum* L.)属百合科葱属,是公认的保健食品。大蒜耐盐力中等,盐胁迫导致大蒜苗期推迟,生长发育延缓,抑制鳞芽分化期、成熟期的生长量,降低光合效率,增加活性氧的积累,造成品质和产量的下降[11-12]。不同基因型大蒜对不同浓度土壤含盐量的反应存在明显差异[13]。判断大蒜能否在盐土种植,首先要对其进行耐盐性鉴定,现有的大蒜耐盐性鉴定方法多采用大田生产试验进行筛选,耗时长、工作量大、成本高。室内生理指标测定时,根据单一或少数指标评价耐盐性,不能综合反映大蒜的耐盐性。因此,迫切需要一种快速、准确可靠的大蒜耐盐性鉴定方法,为今后大蒜耐盐品种选育提供材料支撑。

1　材料与方法

1.1　试验材料

从江苏沿海地区农业科学院蔬菜室保存的大蒜种质材料中选取 10 份作为供试材料。所选取的 10 份大蒜种质材料如表 1 所示。

表 1　供鉴定的大蒜材料

编号	名称	来源	编号	名称	来源
1	二水早	盐城大丰	6	邳州紫皮蒜	江苏邳州
2	金乡紫皮	山东金乡	7	三月黄	盐城大丰
3	SDSH	泰州	8	金乡大蒜	山东金乡
4	邳州紫皮	江苏邳州	9	川蒜	四川眉山
5	苍山 1	泰州	10	徐州白皮蒜	徐州邳州

1.2　试验方法

试验于 2017 年 10 月在江苏沿海农业科学研究所试验室进行。选择无破损、成熟度和大小一致的大蒜种子,用 2% 次氯酸钠消毒 10 min,再用自来水清洗 3 ~ 5 次,置于铺有双层滤纸、内径为 20 cm 的培养皿中,每皿 20 粒,以清水作为对照,分别加入

收稿日期:2021 - 03 - 03
基金项目:江苏省农业重大新品种创制项目(编号:PZCZ201715)。
作者简介:王薇薇(1988—),女,江苏盐城人,硕士,助理研究员,主要从事蔬菜栽培及育种工作。E - mail:754776303@qq.com。
通信作者:郑佳秋,硕士,副研究员,主要从事蔬菜栽培及育种工作。E - mail:110647874@qq.com。

60 mL 浓度为 50、150 mmol/L 的 NaCl 溶液，每个处理重复 3 次，于 25 ℃下催芽，每隔 2 d 更换 1 次处理液。待种子萌发处理 7 d 和 14 d 后调查发芽率、芽长、根长。

1.3　数据处理

采用 Excel 2010 软件进行简单的数据处理，利用 SPSS 19.0 软件进行主成分分析，运用隶属函数值法得出各种质材料的耐盐综合评价值。

1.3.1　耐盐系数　分别计算对照和盐处理下各个指标值的平均值，按照公式(1)转换原始数据，求得各个单项指标的耐盐系数。

耐盐系数(α) = 处理下性状值/对照性状值 × 100%。　(1)

1.3.2　主成分分析　利用 SPSS 19.0 软件对各指标的耐盐系数进行主成分分析，将原本多个指标转化为少数几个相互独立的综合指标。

1.3.3　隶属函数值(U_i)计算

$$U_i = (X_i - X_{min})/(X_{max} - X_{min})。\quad (2)$$

式中：X_i 为第 i 个指标测定值；X_{max}、X_{min} 分别为所有品种该指标的最大测定值、最小测定值。

1.3.4　耐盐性综合评价值(D)计算

$$D = \sum_{i=1}^{n}(U_i \times W_i)。\quad (3)$$

式中：W_i 表示第 i 个指标测定值的权重。

2　结果与分析

2.1　各单项指标的耐盐系数

根据 10 份大蒜种质材料在各处理条件下的原始数据(表 2)和公式(1)计算出耐盐系数(表 3)。由表 2 和表 3 可知，50 mmol/L NaCl 处理对各材料的发芽率影响较小，尤其是处理 14 d 后发芽率较对照表现良好，低浓度盐胁迫能够促进大蒜的发芽率。高浓度(150 mmol/L NaCl)盐胁迫对大蒜的发芽率抑制作用明显，但随着处理时间增加，较对照差异减小。大蒜的根长、芽长对盐胁迫较为敏感，根长、芽长指标的耐盐系数随着盐胁迫浓度增加而降低；胁迫时间对根长、芽长的影响各个品种表现不同。相同材料在各个单项指标下的耐盐系数表现存在差异，用单项指标很难准确地反映其耐盐能力。

2.2　大蒜耐盐系数的主成分分析

利用 SPSS 19.0 软件对各个指标的耐盐系数进行主成分分析，结果(表4)表明，将12个单项指标

表 2　不同盐胁迫条件下大蒜的萌发情况

处理时间	编号	0 mmol/L NaCl			50 mmol/L NaCl			150 mmol/L NaCl		
		发芽率(%)	芽长(mm)	根长(mm)	发芽率(%)	芽长(mm)	根长(mm)	发芽率(%)	芽长(mm)	根长(mm)
7 d	1	75.0	21.979	29.983	75.0	13.322	25.694	25.0	2.713	4.216
	2	90.0	49.283	26.826	85.0	23.023	25.821	45.0	5.682	2.498
	3	100.0	58.311	36.249	95.0	26.280	27.189	45.0	5.482	6.342
	4	95.0	72.591	37.758	90.0	28.910	32.219	35.0	8.521	4.875
	5	75. 0	30.472	54.048	20.0	14.775	29.590	0.0	0.000	10.865
	6	100.0	66.652	40.085	75.0	21.469	19.871	65.0	11.659	10.241
	7	80.0	31.209	59.446	50.0	10.471	45.470	0.0	0.000	10.319
	8	100.0	49.292	33.986	85.0	21.334	29.660	60.0	8.422	6.504
	9	90.0	53.051	35.827	60.0	16.123	22.889	25.0	3.180	8.088
	10	90.0	40.962	31.422	85.0	23.584	24.579	25.0	5.521	6.514
14 d	1	90.0	52.732	60.189	85.0	23.814	44.854	50.0	7.049	5.826
	2	95.0	114.283	63.275	100.0	49.998	53.681	75.0	13.999	6.724
	3	100.0	114.901	75.262	100.0	56.680	67.247	80.0	14.427	9.636
	4	100.0	176.610	71.666	100.0	68.851	72.051	80.0	18.709	12.795
	5	100.0	87.912	98.027	85.0	24.928	69.277	0.0	0.000	12.050
	6	100.0	154.621	78.790	100.0	66.422	52.235	100.0	22.894	9.462
	7	100.0	69.260	109.868	100.0	27.013	89.875	90.0	7.965	11.483
	8	100.0	96.121	74.918	100.0	51.388	67.528	90.0	19.118	10.618
	9	100.0	123.462	78.221	100.0	46.963	70.685	55.0	10.318	11.895
	10	100.0	100.898	68.561	100.0	56.832	55.934	90.0	17.397	9.162

表 3　大蒜芽期各指标的耐盐系数

编号	耐盐系数(%)											
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12
1	100.000	85.694	60.610	33.333	14.061	12.344	94.444	74.522	45.161	55.556	9.680	13.367
2	94.444	96.254	46.715	50.000	9.312	11.528	105.263	84.838	43.749	78.947	10.627	12.249
3	95.000	75.006	45.069	45.000	17.495	9.401	100.000	89.351	49.329	80.000	12.803	12.556
4	94.737	85.331	39.826	36.842	12.911	11.738	100.000	100.537	38.985	80.000	17.854	10.593
5	26.667	54.748	48.486	0.000	20.103	0.000	85.000	70.671	28.356	0.000	12.293	0.000
6	75.000	49.572	32.211	65.000	25.549	17.492	100.000	66.296	42.958	100.000	12.009	14.807
7	62.500	76.490	33.552	0.000	17.359	0.000	100.000	81.803	39.002	90.000	10.452	11.499
8	85.000	87.272	43.280	60.000	19.137	17.086	100.000	90.136	53.461	90.000	14.173	19.889
9	66.667	63.888	30.392	27.778	22.574	5.994	100.000	90.366	38.038	55.000	15.207	8.357
10	94.444	78.224	57.575	27.778	20.732	13.477	100.000	81.583	56.326	90.000	13.363	17.242

注：Y1、Y2、Y3 分别表示 50 mmol/L NaCl 处理 7 d 的发芽率、根长、芽长；Y4、Y5、Y6 分别表示 150 mmol/L NaCl 处理 7 d 的发芽率、根长、芽长；Y7、Y8、Y9 分别表示 50 mmol/L NaCl 处理 14 d 的发芽率、根长、芽长；Y10、Y11、Y12 分别表示 150 mmol/L NaCl 处理 14 d 的发芽率、根长、芽长。表 4、表 5 同。

转换为 4 个新的相互独立的综合指标(F_i)，4 个主成分的累计贡献率达 90.904%，表明前 4 个主成分已经能代表所考察性状的绝大部分信息。第 1 主成分的特征值 5.678，贡献率最大，达 47.318%，Y1、Y9、Y12 的负荷量较大，均达到 0.85 以上，表明第 1 主成分中这 3 个指标占主要因子；第 2 主成分的贡献率为 18.653%，特征值为 2.238，其中 Y5 的负荷量较高；第 3 主成分的特征值为 1.963，贡献率为 16.359%，Y8 的载荷数值最高；第 4 主成分的方差贡献率 8.573%，Y11 占主要作用。

2.3　主成分得分值

利用主成分载荷(表 4)中的数据计算各指标所对应的系数 A(特征向量)，结果见表 5。根据公式 $F_i = A \times ZX_i$(ZX_i 为各个单项指标标准化值)得到前 4 个主成分的线性组合：$F_1 = 0.384ZX_1 + 0.271ZX_2 + 0.057ZX_3 + 0.315ZX_4 - 0.118ZX_5 + 0.338ZX_6 + 0.342ZX_7 + 0.183ZX_8 + 0.357ZX_9 + 0.350ZX_{10} + 0.058ZX_{11} + 0.380ZX_{12}$；$F_2 = -0.153ZX_1 - 0.486ZX_2 - 0.395ZX_3 + 0.249ZX_4 + 0.589ZX_5 + 0.206ZX_6 + 0.065ZX_7 - 0.221ZX_8 + 0.049ZX_9 + 0.213ZX_{10} + 0.115ZX_{11} + 0.141ZX_{12}$；$F_3 = -0.048ZX_1 + 0.056ZX_2 - 0.465ZX_3 - 0.060ZX_4 - 0.079ZX_5 - 0.170ZX_6 + 0.216ZX_7 + 0.566ZX_8 - 0.212ZX_9 + 0.059ZX_{10} + 0.549ZX_{11} - 0.152ZX_{12}$；$F_4 = 0.065ZX_1 - 0.081ZX_2 + 0.409ZX_3 + 0.162ZX_4 + 0.162ZX_5 + 0.325ZX_6 - 0.415ZX_7 + 0.166ZX_8 + 0.133ZX_9 - 0.345ZX_{10} + 0.571ZX_{11} - 0.044ZX_{12}$。

2.4　隶属函数值及耐盐综合评价

根据主成分得分值(表 6)，运用式(2)、式(3)计算出各个种质材料的隶属函数值和综合评价值，结果见表 7。D 值越大，品种的耐盐性越强；D 值越小，品种的耐盐性越弱。结果表明，金乡大蒜综合评价值为 0.786，耐盐性最强；苍山 1 的综合评价值为 0.203，耐盐性最弱。

表 4　主成分载荷及贡献率

性状	载荷			
	F_1	F_2	F_3	F_4
Y1	0.915	-0.228	-0.067	0.066
Y2	0.645	-0.727	0.079	-0.083
Y3	0.135	-0.591	-0.652	0.415
Y4	0.752	0.372	-0.083	0.164
Y5	-0.282	0.881	-0.111	0.165
Y6	0.806	0.308	-0.238	0.33
Y7	0.815	0.097	0.303	-0.421
Y8	0.437	-0.331	0.792	0.168
Y9	0.851	0.074	-0.297	0.135
Y10	0.833	0.319	0.083	-0.349
Y11	0.138	0.172	0.769	0.579
Y12	0.906	0.211	-0.213	-0.044
特征值	5.678	2.238	1.963	1.029
方差贡献率(%)	47.318	18.653	16.359	8.573
累积贡献率(%)	47.318	65.972	82.331	90.904

3　讨论

盐渍土对植物整个生长发育过程都有较大影响，不同生育时期对盐胁迫的敏感程度不同，其中萌发期是对盐胁迫较为敏感的阶段[14]。萌发期耐盐性决定种子能否在盐渍土壤中发芽出苗，也是保障植物整个生育期耐盐的先决条件，因此开展萌发

表 5　各性状的特征向量

性状	F_1	F_2	F_3	F_4
Y1	0.384	-0.153	-0.048	0.065
Y2	0.271	-0.486	0.056	-0.081
Y3	0.057	-0.395	-0.465	0.409
Y4	0.315	0.249	-0.060	0.162
Y5	-0.118	0.589	-0.079	0.162
Y6	0.338	0.206	-0.170	0.325
Y7	0.342	0.065	0.216	-0.415
Y8	0.183	-0.221	0.566	0.166
Y9	0.357	0.049	-0.212	0.133
Y10	0.350	0.213	0.059	-0.345
Y11	0.058	0.115	0.549	0.571
Y12	0.380	0.141	-0.152	-0.044

表 6　10 份大蒜材料的主成分得分值

编号	F_1	F_2	F_3	F_4
1	0.327	-1.624	-2.217	0.313
2	1.689	-1.726	-0.151	-1.137
3	0.991	-0.111	0.151	0.102
4	0.994	-0.934	2.525	0.944
5	-5.792	-0.471	-0.601	0.863
6	0.343	3.447	-1.022	-0.401
7	-1.343	-0.296	0.51	-2.232
8	2.493	0.590	0.075	0.724
9	-1.343	1.052	1.847	0.080
10	1.640	0.073	-1.118	0.744

表 7　隶属函数(U_i)及综合评价值(D)

编号	U_1	U_2	U_3	U_4	D
1	0.739	0.020	0.000	0.801	0.464
2	0.903	0.000	0.436	0.345	0.580
3	0.819	0.312	0.499	0.735	0.649
4	0.819	0.153	1.000	1.000	0.731
5	0.000	0.243	0.341	0.974	0.203
6	0.740	1.000	0.252	0.576	0.689
7	0.537	0.276	0.575	0.000	0.439
8	1.000	0.448	0.483	0.931	0.786
9	0.537	0.537	0.857	0.728	0.612
10	0.888	0.348	0.232	0.937	0.663

期耐盐性鉴定具有必要性。种子萌发期耐盐鉴定能够在短时间内快速、有效地初步评价植物耐盐性强弱,且鉴定结果可靠性高[15]。本研究结果表明,种子在发芽过程中能够很快响应盐胁迫,10 个大蒜种质材料的发芽率、根长和芽长都随着盐胁迫浓度增加呈下降趋势。这与蔡可心等对红小豆和花生的研究结果[16-17]一致。盐胁迫会延长大蒜的发芽时间,盐浓度越高,种子萌发时间越久,这与曾广娟等的研究结果[18]一致。

耐盐性是植物响应盐胁迫的各种生理过程的综合表现,不同植物、同种植物的不同基因型间耐盐性存在较大差异,所以很难用某个单一指标全面反应植物的耐盐能力,应选择多个指标对植物的耐盐性进行综合评价[19]。为消除了大蒜种质间遗传背景所引起的差异,本研究将各胁迫条件下的原始数据转化成耐盐系数,利用主成分分析法和隶属函数值法对 10 份大蒜种质资源进行综合评价排序,金乡大蒜综合评价值最高,耐盐性最强;苍山 1 的综合评价值最低,耐盐性最弱。

参考文献:

[1]刘佳月,李永宏,王照兰. 转录组在植物抗盐育种中的应用[J]. 分子植物育种,2020,18(1):125-133.

[2]田京江,井大炜,朱炎辉,等. 我国马铃薯耐盐性研究进展[J]. 安徽农学通报,2018,24(8):38-39,44.

[3]郭　远,王文成,徐颖莹,等. 植物耐盐评价方法综述[J]. 江苏农业科学,2017,45(23):18-23.

[4]胡　涛,张鸽香,郑福超,等. 植物盐胁迫响应的研究进展[J]. 分子植物育种,2018,16(9):3006-3015.

[5]周　莹,赵永娟,黄丽瑾,等. 荆芥幼苗对盐胁迫的生理响应[J]. 核农学报,2019,33(1):166-175.

[6]蔡晓峰,胡体旭,叶　杰,等. 植物盐胁迫抗性的分子机制研究进展[J]. 华中农业大学学报,2015,34(3):134-141.

[7]金伊楠,许自成,张环玮,等. 烟草盐胁迫与耐盐相关基因的研究进展[J]. 中国烟草学报,2018,24(6):112-118.

[8]张　雪,贺康宁,史常青,等. 盐胁迫对银水牛果幼苗生长和生理特性的影响[J]. 水土保持学报,2016,30(1):212-217.

[9]麻冬梅,秦　楚,倪　星,等. 高羊茅应答盐胁迫的 *AtSOS* 途径基因的效应分析[J]. 草业学报,2016,25(12):170-179.

[10]张　昆,李明娜,曹世豪,等. 植物盐胁迫下应激调控分子机制研究进展[J]. 草地学报,2017,25(2):226-235.

[11]郑　伟,隋静,郝树芹. 锗对盐胁迫下大蒜幼苗生理特性的影响[J]. 中国瓜菜,2017,30(8):33-36.

[12]朱利军,闫秋洁. 外源氯化钙对大蒜幼苗盐胁迫伤害的缓解作用[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):242-244.

[13]Mangal J L,王先觉. 大蒜栽培品种耐盐性的评定[J]. 中国蔬菜,1992(4):55-56.

[14]阮　建,李娜娜,崔海燕,等. 50 个小麦品种的苗期耐盐性比较[J]. 山东农业科学,2017,49(4):5-9,20.

[15]张　毅,侯维海,冯西博,等. 有色大麦种质芽期耐盐性鉴定[J]. 植物遗传资源学报,2019,20(3):564-573.

[16]蔡可心,张卫东,程海涛,等. 盐胁迫对东北 5 种红小豆芽期生理变化的影响[J]. 宁夏大学学报(自然科学版),2020,41(1):80-86.

[17]孙东雷,卞能飞,陈志德,等. 花生萌发期耐盐性综合评价及耐盐种质筛选[J]. 植物遗传资源学报,2017,18(6):1079-1087.

[18]曾广娟,彭红丽,赵美微,等. 河北省海岸带 6 种木本植物种子萌芽期的耐盐性比较[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):276-278.

[19]张相锋,杨晓绒,焦子伟. 植物耐盐性评价研究进展及评价策略[J]. 生物学杂志,2018,35(6):91-94.