

海水处理下不同生菜品种耐盐力评价

杨小锋, 李劲松, 陈任红, 杨 沐

(海南省三亚市南繁科学技术研究院, 海南 三亚 572000)

摘 要: 在不同海水浓度处理下, 对 23 个生菜品种的种子发芽和植株的耐盐力进行鉴定, 并对生菜品种的出苗率、耐盐指数、耐盐比率及 100% 海水处理下的成活率进行聚类分析。结果表明, 不同生菜品种之间的耐盐性具有较大差异, 中丰、南蔬、细叶苦苣 3 个生菜品种表现出较高的耐盐性。

关键词: 生菜; 海水处理; 耐盐力; 聚类分析

中图分类号: S 642.203.7

文献标识码: A

Evaluation for salt resistance in lettuce under seawater treatments

YANG Xiao-feng, LI Jin-song, CHEN Ren-hong, YANG Mu

(Sanya Science and Technology Academy for Crop Winter Multiplication, Sanya, Hainan 572000, China)

Abstract: Salt resistance of 23 lettuce cultivars were identified at the stage of germination growth and plant growth under seawater treatments. Seedling emergence rate, tolerance index, tolerance ratio and survival rate of lettuce cultivars were evaluated by using cluster analysis. The results showed that the salt tolerance from different lettuce cultivars showed singnificant difference by using seawater treatment, the three cultivars Zhongfeng, Nanshu and Xiyekuju I appeared in higher salt-tolerance. The salt resistance ability of lettuces could be screened at plant growth stage.

Key words: Lettuce (*Lactuca sativa* L.); treatment of seawater; salt resistance ability; cluster analysis

土壤盐渍化已成为危害人类生存的全球性重大问题。我国滨海盐碱地达 0.4 亿 hm^2 以上, 且有逐年增加的趋势。沿海滩涂存在淡水资源缺乏^[1], 农业生产效率低下甚至难以维持的状况, 而发展海水灌溉农业是解决这一问题的有效途径^[2], 但不科学地使用海水灌溉会使土壤退化、粮食减产。无土栽培是解决土壤盐分障碍的途径之一, 可以更好发展海水农业。

生菜耐盐性较强, 不同类型品种间存在着广泛的耐盐遗传变异, 而目前国内外对生菜耐盐特性的报道甚少。用单盐 (如 NaCl) 等模拟盐胁迫来研究植物的耐盐机理已被广泛采用^[3], 但与实际生产具有一定距离。而直接用海水处理的研究较少。并且生产中的盐胁迫对植物生长的影响是以复盐的形式。为此, 本文采用海水灌溉的方法, 通过无土栽培对 23 个生菜品种的出苗率及植株的耐盐指数、耐盐比率等与耐盐能力有关的指标进行分析, 比较不同生菜品种耐盐性的差异, 为进一步深入研究生

菜耐盐性提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

海水从三亚湾海域取得, 主要成分为 Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 和 HCO_3^- (表 1), pH 为 8.32, EC 值为 $33.9 \text{ ms} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。供试生菜品种 23 个 (表 2), 来自 7 家种子供应单位。

1.2 方法

生菜种子出苗试验在三亚市南繁科学技术研究院连栋大棚内进行, 每个生菜品种各选取 50 粒种子。将 23 个生菜品种的种子分别用含 0、20%、40%、60%、80%、100% 浓度海水 (分别以 CK、T1、T2、T3、T4、T5 表示) 浸种催芽后, 播于装有椰糠: 沙砾为 2: 1 的 51 孔绿色轻型 PVC 穴盘中, 进行发芽试验, 每处理 3 次重复。播种后浇对应浓度的海水, 以后定期补充清水。以生菜子叶展开作为出苗率指标, 按文献 [1] 中的公式计算

收稿日期: 2009-05-12 初稿; 2009-09-08 修改稿

作者简介: 杨小锋 (1977-), 男, 硕士, 研究方向: 设施园艺与无土栽培 (E-mail: yangxiaofeng2003@sohu.com)

通讯作者: 李劲松, 副研究员 (E-mail: fyseed@163.com)

基金项目: 海南省自然科学基金项目 (30713)

相对出苗率^[4]，采用聚类分析进行耐盐力分类。其中 CK 为对照的出苗率，T 为不同海水浓度处理下的出苗率。

相对出苗率 (RSER) = T/CK×100% (1)

表 1 三亚湾海水离子组成
Table 1 Ion composition of seawater in Sanya Bay

离子	Na ⁺	Cl ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
浓度 (g·L ⁻¹)	11.43	20.16	0.25	0.38	1.44	3.12	0.13

表 2 供试生菜品种及其来源
Table 2 The cultivars and their source of lettuce tested

编号	品种	来源	编号	品种	来源
1	绿优	美国	13	黛玉奶油	北京
2	绿剑	北京	14	花叶生	北京
3	罗兰	美国	15	红皱	北京
4	圣代	美国	16	金花苦苣	北京
5	绿脆	美国	17	罗马	美国
6	传奇	北京	18	紫生菜	北京
7	绿领	南京	19	花叶苦苣	北京
8	中丰	佛山	20	美国大速生	北京
9	南蔬	广州	21	生菜王	北京
10	嫩绿奶油	北京	22	细叶苦苣 I	美国
11	耐抽薹	北京	23	细叶苦苣 II	北京
12	亚蔬园	广州			

生菜植株耐盐力评价试验于 2009 年 2 月至 4 月在三亚市南繁科学技术研究院连栋大棚内进行，23 个生菜品种经浸种催芽后，播于装有椰糠：沙砾为 2：1 的 51 孔绿色轻型 PVC 穴盘中育苗，待幼苗长至 4 叶 1 心时定植于装有椰糠：沙砾为 2：1，规格为 16 cm×20 cm 的定植钵中，每钵定植 1 株，施有机肥 60 g、复合肥 3.4 g。分别用含 0、20%、40%、60%、80%、100% 浓度海水进行处理，各 3 次重复。定植的前 15 d，每天各个处理用水 100 mL，定植 15 d 以后，每天用水 200 mL。35 d 后按公式 (2) 计算耐盐指数^[5]，公式 (3) 计算耐盐比率^[6-7]，并统计成活率，采用聚类分析进行耐盐力分类。

耐盐指数(TI)=100+∑_{i=0}ⁿ[100X_i($\frac{WGx_i}{WGx_0}$)] (2)

其中 X₀、X₁、…、X_i为不同海水浓度；WG_{x₀}为无海水处理下植株干重；WG_{x₀}、WG_{x₁}、…、WG_{x_i}为不同海水浓度处理下植株干重。

耐盐比率 (TR) = WG_{x_i}/WG_{x₀} (3)

1.3 统计分析

采用 Excel 软件进行数据处理，计算平均值、标准偏差和变异系数。采用 SAS8.2 软件的最短距离法进行聚类分析^[8]。

2 结果与分析

2.1 不同生菜品种种子相对出苗率的耐盐力评价

不同海水浓度处理对生菜品种种子的相对出苗率有显著影响 (表 3)，20% 海水浓度处理下，罗兰、圣代、绿剑、传奇、嫩绿奶油、耐抽薹、黛玉奶油、花叶苦苣、美国大速生、生菜王、细叶苦苣 I 的相对出苗率都达到或超过了 100%，但亚蔬园的相对出苗率较低，表明 20% 海水处理显著抑制了部分生菜品种的出苗率。各指标品种间的变异系数为 34.33%。

40% 海水浓度处理下，绿脆、传奇、绿剑、南蔬、嫩绿奶油、耐抽薹、黛玉奶油、细叶苦苣 I、细叶苦苣 II 的相对出苗率都超过了 100%。绿脆、传奇、南蔬、耐抽薹、黛玉奶油、亚蔬园、花叶生、细叶苦苣 II 的相对出苗率都达到或超过了 20% 海水处理，说明 40% 海水处理下对这 8 个品种的出苗率有促进作用，但美国大速生的相对出苗率仅为 5.13%，表明 40% 海水处理显著抑制了部分生菜品种的出苗率。各指标品种间的变异系数达到了 45.74%。

60% 海水浓度处理下，绿剑、花叶生、花叶苦苣、生菜王、细叶苦苣 II 的相对出苗率都达到或超过了 100%。对南蔬、亚蔬园、美国大速生的出苗率有显著影响，分别为 5.88%、10.00%、5.13%。各品种间相对发芽势的变异系数达到 62.62%。

80% 海水浓度处理下，仅花叶苦苣的相对出苗率超过了 100%，其余品种的相对出苗率显著降低。

100% 海水浓度处理下，各品种的出苗率显著降低，相对出苗率最高的品种为花叶苦苣，达

68.18%，最低的为传奇、南蔬、嫩绿奶油、耐抽
薹、黛玉奶油、红皱、生菜王，均为 0。各品种间
相对发芽势的变异系数达到 117.17%。

采用 SAS 8.2 软件的最短距离法以相对出苗
率为指标对 23 个生菜品种进行聚类分析，当阈值
为 0.422 8 时，可将其分为耐盐力强、中、弱 3 类

(图 1)。其中，花叶苦苣为耐盐力强的品种，绿
优、绿剑、罗兰、传奇、嫩绿奶油、耐抽薹、细叶
苦苣Ⅱ、圣代、绿脆、黛玉奶油、花叶生、生菜
王、细叶苦苣Ⅰ为中等耐盐品种，绿领、中丰、南
蔬、亚蔬园、红皱、金花苦苣、罗马、紫生菜、花
叶苦苣、美国大速生为耐盐力弱的品种。

表 3 不同海水浓度处理下各生菜品种种子的相对出苗率

Table 3 Relative emergence rates of lettuce seeds in seawater (单位:%)

品种编号	T1	T2	T3	T4	T5
1	99.64±1.67	93.84±1.66	92.39±1.09	90.94±2.26	35.51±2.26
2	102.85±1.86	102.44±1.22	102.03±0.70	93.50±2.54	24.39±2.44
3	102.22±1.49	88.89±0.67	46.67±1.03	33.33±1.87	11.11±1.63
4	100.00±0.00	95.00±0.57	41.25±1.15	65.00±1.61	62.50±1.84
5	74.47±1.72	104.26±3.06	59.57±2.64	59.57±1.55	0±0
6	100.00±0.00	106.45±5.14	67.74±1.27	12.90±3.34	12.90±2.11
7	69.21±3.82	51.81±5.99	45.29±1.72	22.46±4.39	22.10±1.66
8	70.00±3.43	50.00±4.10	22.50±3.64	12.50±1.52	7.50±1.14
9	85.29±2.19	111.76±2.30	5.88±0.49	2.94±0.96	0±0
10	141.67±2.63	116.67±4.58	37.50±2.84	4.17±0.57	0±0
11	140.91±5.37	154.55±7.25	50.00±2.48	9.09±0.26	0±0
12	10.00±1.12	67.25±1.54	10.00±2.81	2.50±0.70	2.50±1.16
13	122.53±5.10	151.85±3.71	59.88±4.66	7.41±1.85	0.00±0.00
14	33.33±1.07	66.67±2.55	100.00±0.00	46.67±2.60	20.00±1.43
15	95.83±2.41	18.75±1.80	43.75±2.14	0±0	0±0
16	82.35±3.55	55.88±3.42	32.35±2.70	97.059±3.11	29.41±1.24
17	93.18±4.01	59.09±3.52	29.55±1.48	27.27±1.10	2.27±0.37
18	64.10±2.66	51.28±1.43	51.28±2.19	2.56±1.71	20.51±1.60
19	136.36±3.67	45.45±1.48	140.91±2.59	127.27±3.87	68.1±8 2.91
20	112.82±6.76	5.13±0.10	5.13±0.52	2.56±0.41	2.56±0.30
21	134.48±3.72	86.21±2.20	100.00±0.00	55.17±1.93	0±0
22	116.00±3.81	116.00±4.55	68.00±1.27	84.00±1.34	52.00±2.24
23	90.00±2.60	103.33±2.47	113.33±3.85	76.67±1.77	53.33±1.94
变异系数(CV)	34.33	45.74	62.62	95.75	117.17

注：表中数据为 3 次重复的平均值±标准偏差，下同。

2.2 不同生菜品种植株的耐盐力评价

表 4 表明不同海水浓度处理下各生菜品种间的耐盐指数、耐盐比率及成活率差异较大，南蔬、中丰、细叶苦苣Ⅰ及花叶苦苣的耐盐指数和耐盐比率显著高于其他品种，而紫生菜的耐盐指数和耐盐比率最低。在 100%海水浓度处理下，中丰的成活率最高，为 80%，嫩绿奶油、罗马、紫生菜、花叶苦苣、美国大速生、生菜王的成活率为 0。

采用 SAS 8.2 软件的最短距离法，以不同海水浓度处理下的耐盐指数、耐盐比率及 100%海水处理下的成活率为指标对 23 个生菜品种进行聚类分析，当阈值为 0.715 时，可将其分为耐盐力强、弱 2 大类（图 2）。其中，中丰、南蔬、细叶苦苣Ⅰ为耐盐力强的品种，其他为耐盐力弱的品种。在耐盐力弱的品种中，当阈值为 0.377 时，可分为 2 个亚类，其中，绿优、绿剑、罗兰、圣代耐盐力比

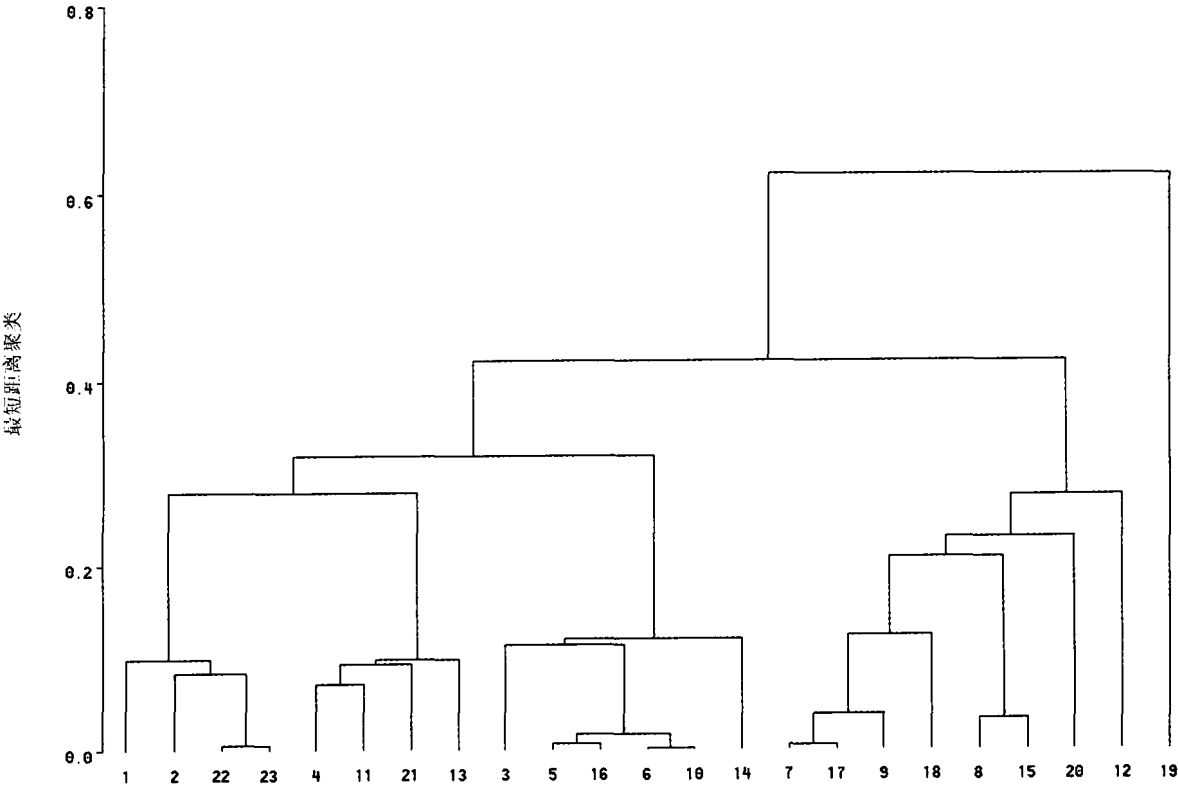


图 1 海水处理下 23 个生菜品种以出苗率为指标的聚类分析
Fig. 1 Cluster analysis on emergence rates of 23 lettuce cultivars in seawater

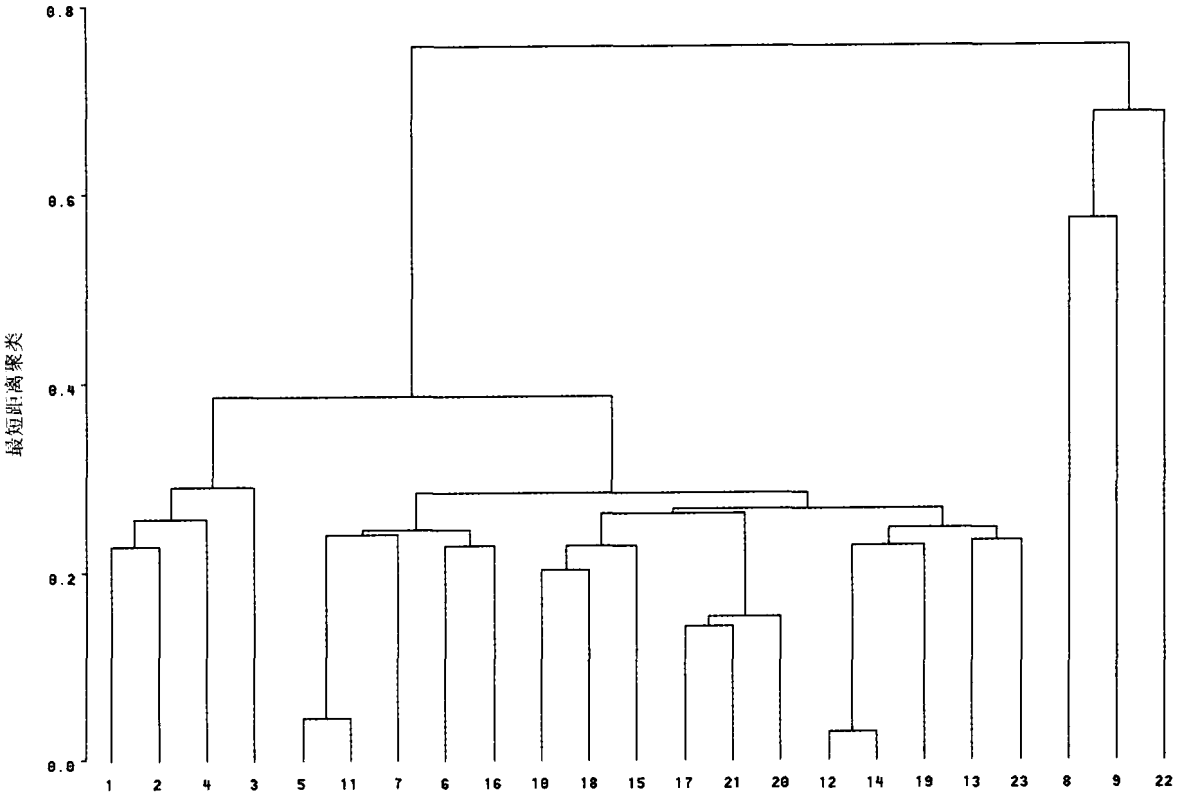


图 2 海水处理下 23 个生菜品种以耐盐指数、耐盐比率及成活率为指标的聚类分析
Fig. 2 Cluster analysis with the standards of tolerance index, tolerance ratio and survival rate under Seawater treatment by using 23 lettuce cultivars

其他品种强。

表 4 海水处理下各生菜植株的耐盐指数、耐盐比率及成活率
Table 4 Tolerance index, tolerance ratio and survival rate of lettuce in seawater

品种编号	耐盐指数	耐盐比率	100%海水下的成活率(%)
1	191.13±2.91	0.39±0.04	50.0±0.6.25
2	191.79±5.47	0.40±0.03	60.00±5.33
3	177.78±3.30	0.36±0.10	50.00±1.29
4	185.86±5.12	0.39±0.04	40.00±2.55
5	210.09±6.46	0.46±0.02	50.00±3.46
6	217.73±3.83	0.50±0.12	30.00±2.45
7	213.65±5.50	0.47±0.06	40.00±3.49
8	230.40±6.22	0.55±0.05	80.00±6.88
9	253.67±1.84	0.61±0.14	70.00±7.24
10	167.96±3.37	0.33±0.02	0±0
11	208.16±5.73	0.46±0.03	50.00±2.58
12	209.65±7.86	0.46±0.04	10.00±1.82
13	201.05±5.44	0.46±0.04	20.00±2.64
14	210.90±3.79	0.50±0.02	10.00±1.47
15	159.89±6.12	0.35±0.10	10.00±2.12
16	218.50±7.92	0.53±0.03	20.00±1.32
17	179.55±3.24	0.45±0.03	0±0
18	159.03±3.73	0.33±0.01	0±0
19	208.84±6.41	0.53±0.14	0±0
20	192.57±6.96	0.47±0.11	0±0
21	185.83±5.47	0.48±0.13	0±0
22	249.58±6.88	0.59±0.15	40.00±2.43
23	198.78±7.42	0.44±0.04	10.00±1.54

3 讨 论

3.1 不同生菜品种种子相对出苗率的耐盐力

种子发芽是生菜生长发育的开始，生菜种子发芽对盐胁迫的忍耐程度反映的是盐胁迫条件下种子吸水膨胀、萌动生根、子叶出土的综合能力。种子耐盐性及其机制是植物耐盐性早期鉴定及耐盐个体与品种早期选择的基础^[9]。前人多以发芽势、发芽率等作为种子耐盐指标，但由于同一作物的不同品种间存在耐盐性的差异^[10]，导致在盐胁迫下作物的发芽势、发芽率存在较大差异。在鉴定小麦材料的耐盐性时，以出苗率和保苗率作为鉴定指标较为可靠^[11]。为此，本试验以相对出苗率为指标，通

过统计分析，对生菜种子相对出苗率的耐盐力进行了评价。

结果显示，20%海水浓度处理下的罗兰、圣代、绿剑、传奇、嫩绿奶油、耐抽薹、黛玉奶油、花叶苦苣、美国大速生、生菜王、细叶苦苣Ⅰ、40%海水浓度处理下的绿脆、传奇、绿剑、南蔬、嫩绿奶油、耐抽薹、黛玉奶油、细叶苦苣Ⅰ、细叶苦苣Ⅱ及60%海水浓度处理下的绿剑、花叶生、花叶苦苣、生菜王、细叶苦苣Ⅱ的相对出苗率都达到或超过了100%，说明低浓度海水有利于促进部分生菜生根，与前人在水培生菜上的试验结果一致^[12]。

本试验中，生菜各品种在20%海水浓度处理下变异系数较小，而随着海水处理浓度的增加，变异系数逐渐增大，在100%海水处理下达到最大。聚类分析结果表明，由于各处理间的变异系数较大，因此，不能单纯以某一种浓度处理下的相对出苗率进行聚类分析，而应以5种浓度处理下的相对出苗率为指标进行多元聚类，可较好区分出了各品种间的耐盐力差异，这与前人在黄瓜上的试验结果相似^[13]。变异系数大表明样本间相差大，便于区分各品种间的耐盐力差异^[14]，本试验结果与之相符。

3.2 不同生菜品种植株的耐盐力

耐盐指数、耐盐比率及成活率是植物耐盐评价的主要指标。结果表明，在不同海水浓度处理下，各生菜品种的耐盐指数、耐盐比率及成活率存在较大差异，其中100%海水浓度处理下的植株成活率差异最大。以5种不同海水浓度处理下的耐盐指数、耐盐比率及100%海水浓度处理下成活率为指标进行多元聚类分析，结果表明中丰、南蔬、细叶苦苣的耐盐性要高于其他品种。

3.3 不同生菜品种的综合耐盐力

试验结果表明，海水处理下生菜在不同的发育阶段其耐盐能力有所不同，在发芽生长期表现耐盐性高的品种，在植株生长期则不一定表现出高的耐盐性，如花叶苦苣在发芽生长期耐盐力强，而植株生长期耐盐力弱。说明生菜发芽生长期耐盐性和植株生长期的耐盐性之间没有必然联系，其根本原因是其耐盐机理不同，发芽生长期耐盐性体现的是种子吸水膨胀的能力，主要机理是种子抵抗渗透胁迫；而植株生长耐盐多为拒Na⁺机制^[15]，这与前人在春小麦上的试验结果一致^[10]。

海水胁迫条件下生菜种子相对出苗率高表明吸水膨胀和萌动生根的综合能力强。较强的发芽生长

耐盐性是盐渍地区生菜必须优先具备的特性,是保证生菜出苗的基础。而在海水胁迫下生菜植株生长是生菜一生耐盐性最关键阶段,此时的耐盐性评价具有一定的现实意义。因此,在生产实际中,生菜植株生长的耐盐性显得更为重要,植株生长耐盐性是关系生菜产量、品质的基础。

研究结果表明,各生菜品种之间的耐盐性存在较大差异,其中中丰、南蔬、细叶苦苣Ⅰ的耐盐性均高于其他品种。表明这3个品种在盐渍化土壤上具有一定的推广价值。绿优、绿剑植株的农艺性状欠佳,但可以作为种质资源用于生菜耐盐育种。

参考文献:

- [1] 刘兆普,刘玲,陈铭达,等.利用海水资源直接农业灌溉的研究[J].自然资源学报,2003,18(4):423-429.
- [2] 薛延丰,刘兆普,郑青松.钙离子对菊芋海水胁迫的缓解效应研究[J].西北植物学报,2006,26(6):1267-1271.
- [3] 李晓芳,尚庆茂,张志刚,等.多元统计分析方法在辣椒品种耐盐性评价中的应用[J].园艺学报,2008,25(3):351-356.
- [4] 王广印,周秀梅,张建伟,等.不同黄瓜品种种子萌发期的耐盐性研究[J].植物遗传资源学报,2004,5(3):299-303.
- [5] LAROSA P C, SINGH N K, HASEGAWA P M, et al. Stable NaCl tolerance of tobacco cells is associated with enhanced accumulation of osmotin [J]. Plant Physiology, 1989, 91 (5): 855-861.
- [6] SIVRITEPE H O, ERIS A, SIVRITEPE N. The effect of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings [J]. Acta Horticulturae, 1999, 492: 77-84.
- [7] 阮松林,薛庆中,王清华.种子引发对杂交水稻幼苗耐盐性的生理效应[J].中国农业科学,2003,36(4):463-468.
- [8] DENG D M, SHU W S, ZHANG J, et al. Zinc and cadmium accumulation and tolerance in populations of *Sedum Alfredii* [J]. Environ Poll, 2007, 147 (2): 381-386.
- [9] 刘艳丽,许海霞,刘桂珍,等.小麦耐盐性研究进展[J].中国农学通报,2008,24(11):202-207.
- [10] 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.
- [11] 吕金岭,郭平银,王凤池,等.耐盐小麦品种的特征特性综述[J].现代农业科技,2007(12):121-122.
- [12] 梁勇,卜崇兴,郭世荣,等.2007.不同浓度海水对水培生菜生长和品质的影响[J].江苏农业科学(3):95-97.
- [13] 朱进,别之龙,李娅娜.黄瓜种子萌芽期及嫁接砧木幼苗期耐盐力评价[J].中国农业科学,2006,39(4):772-778.
- [14] 王学军,李仁所,李式军,等.黄瓜抗盐选择研究[J].山东农业大学学报:自然科学版,2000,31(1):71-73.
- [15] EPSTEIN E. In better crops for food [J]. Ciba Foundation Symposium, 1983, 97: 61-82.

(责任编辑:刘新永)