

廖 丽,涂光秀,王志勇,等. 海雀稗优良品系 SA01 的耐盐性评价[J]. 江苏农业科学,2016,44(4):250-253.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.04.070

# 海雀稗优良品系 SA01 的耐盐性评价

廖 丽<sup>1</sup>,涂光秀<sup>1</sup>,王志勇<sup>1</sup>,刘建秀<sup>2</sup>,钟小仙<sup>3</sup>,郭海林<sup>2</sup>

(1. 海南大学农学院,海南海口 570228;

2. 江苏省中国科学院植物研究所/南京中山植物园,江苏南京 210014; 3. 江苏省农业科学院畜牧研究所,江苏南京 210014)

**摘要:**对海雀稗优良品系 SA01 进行不同浓度盐胁迫处理,初步评价其耐盐性差异。结果表明,在经过不同海水浓度处理 28 d 后,不同处理的匍匐茎长度、直立茎的垂直高度、匍匐茎的个数、坪用质量、叶片颜色与枯黄率、叶绿素含量(直立茎与匍匐茎)、干质量、土壤电导率、根的体积等 10 个测定指标之间存在显著( $P < 0.05$ )或极显著( $P < 0.01$ )差异,不同指标间的变异系数范围在 2.52%~82.42%,其中匍匐茎叶绿素含量变异系数最小,叶片枯黄率变异系数最大。部分指标间表现出不同程度的相关性,相关系数最大达 -0.983。根据所测叶片枯黄率指标的变化分析得到了使海雀稗优良品系 SA01 达 50% 致死时的海水盐浓度为 3.5%。

**关键词:**海雀稗;耐盐性;相关性;半致死浓度

**中图分类号:** S543<sup>+</sup>.901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)04-0250-03

盐碱土是全球陆地分布广泛的一种土壤类型,全球盐碱地面积约 9.5 亿  $\text{hm}^2$ 。据我国第 2 次土壤普查资料,我国盐碱地面积约 0.352 亿  $\text{hm}^2$ ,其中盐碱耕地面积 0.059 亿  $\text{hm}^2$ ,主要分布在内陆干旱地区和沿海地区<sup>[1]</sup>,且耕地次生盐碱化和草地盐碱化面积呈增加趋势<sup>[2-3]</sup>。盐碱化土壤是滨海和部分位于盐碱地分布区的城乡绿化过程中常遇到的自然逆境之一<sup>[4]</sup>。土壤盐碱化地区植被稀少,生态系统比较脆弱,严重制约当地经济的可持续发展,草坪作为园林绿化的重要组成部分,对环境起保护、改善和美化的作用,然而盐胁迫是盐碱地地区限制草坪草生长的一个最主要的环境因子<sup>[5]</sup>。近年来,牧草及草坪草的耐盐性研究日益受到国内外学者的高度重视,其中耐盐性强或较强的部分草种已在国内外大面积推广应用,并取得了显著的生态效益和经济效益<sup>[6-7]</sup>。

植物对盐胁迫的反应不仅表现在生长发育上,而且表现在许多代谢过程及生理生态适应上。如果只根据单一的指标来评价植物的耐盐性强弱,则不具备较强的科学性和说服力<sup>[8-9]</sup>。不同草坪草在盐胁迫下,生物学特征存在较大的差异,即便同一种植物其不同品种间也存在耐盐性差异<sup>[10]</sup>。筛选培育耐盐品种,挖掘种质本身的耐盐能力,直接种植于盐渍土壤是盐渍土改良利用的重要途径<sup>[11-14]</sup>。

海雀稗(*Paspalum vaginatum*)是多年生禾本科暖地型草本植物,多生于海滨沙滩上,有很强的耐盐碱能力,在亚热带的红壤土上也能生长,耐旱、耐湿、耐阴、耐践踏,是目前备受

关注的草坪草种类<sup>[15]</sup>。海雀稗耐盐碱性强,叶片柔软,紧贴地面,草坪推杆性能好,茎秆较细、坚韧、耐践踏、叶色深、草低矮、需肥少、剪草少,是较好的高尔夫球道和果岭草种<sup>[16]</sup>。低成本盐碱地绿化是目前迫切需要解决的难题<sup>[17]</sup>。海雀稗作为一种重要的种质资源已有 30 多年的研究历史,但国外研究较多,国内以高尔夫球场直接利用为主<sup>[18-20]</sup>。参照黄小辉等的研究结果与方法<sup>[21-23]</sup>,本试验采取体积百分比为 16.7%、33.3%、50.0%、66.7%、83.3%、100% 的海水对海雀稗优良品系 SA01 进行连续浇灌,对其耐盐性进行初步评价。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地点在海南省海口市海南大学试验基地大棚,地理坐标 20°03'N、110°19'E,海拔 2.8 m,属于热带季风气候。试验期间,大棚内温度最低为 23℃、最高为 50℃、平均为 35℃,湿度最低为 19%、最高为 78%、平均为 52%。

### 1.2 试验材料

试验材料为从海南省儋州市千年古盐田采集的海雀稗优良品系 SA01。海水采集点为海南省海口市白沙门附近,海水含盐浓度约为 3.0%。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 材料预培养** 按壤土:椰糠为 3:2 的比例混合均匀,然后分装到底部垫有纱网的塑料盆中,基质与塑料盆口相平,以保证每盆装有相同质量的基质。取同一生境下海雀稗带有 3 个节的匍匐枝,将其埋入相同大小的花盆中,正常管理,直到其匍匐枝布满花盆的 95% 的覆盖度,用于后续试验。

**1.3.2 试验处理方法** 选取 21 盆生长较均匀一致的海雀稗进行试验,其中 1 组对照,6 组处理,每组 3 次重复。处理前统一修剪,修剪高度为 4 cm,并沿四周修剪至花盆边缘处,花盆边缘外全部剪除。为了减轻盐冲击效应,首先采用浓度梯度进行浇灌,从低浓度(16.7% 海水,按体积比,下同)向高浓度(33.3%、50.0%、66.7%、83.3%、100% 纯海水)进行每天

收稿日期:2015-10-20

项目基金:江苏省第四期“333 高层次人才培养工程”;江苏省植物迁地保护重点实验室项目(编号:QD201301);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(14)2049]。

作者简介:廖 丽(1981—),女,博士,副教授,主要从事植物种质多样性及质量评价。E-mail:liaoli@hainu.edu.cn。

通信作者:郭海林,博士,副研究员,主要从事草坪草遗传育种与改良。E-mail:ghlnmg@sina.com。

递增浇灌,浇灌直至花盆底部有下渗液为止。当递增浇灌到最高浓度(6 d)后,对照组浇灌纯净水,之后每隔 7 d 取样 1 次,连续 28 d,共取样 4 次。处理组分别浇灌 16.7%、33.3%、50.0%、66.7%、83.3%、100% 的海水,每天浇灌。并根据叶片枯黄率估计海雀稗 50% 致死的海水浓度。

1.4 测定指标与方法

(1)匍匐茎长度。采用直尺测出每一条延伸出花盆边缘的茎的相对长度。(2)垂直高度。采用直尺测出海雀稗垂直生长的高度。(3)叶片枯黄率。采用目测打分法记录各处理叶片枯黄率(LF,采用百分制,5% 以下表示草坪草基本没有黄叶出现,50% 表示草坪草有一半枯黄,95% 以上表示基本没有绿叶而死亡)<sup>[24-27]</sup>。(4)叶片颜色。采用目测法,9 分制,蓝绿为 9 分、深绿为 7 分、绿为 5 分、浅绿为 3 分、黄绿为 1 分。4 人打分求平均值。(5)坪用质量。采用目测法,参照美国国家草坪区域试验(the National Turfgrass Evaluation Program,NTEP)标准,对草坪的密度、质地、均一性等指标评分,质量最好为 9 分,6 分为可接受,0 分为草坪死亡。4 人打分后求平均值。(6)叶绿素含量指数 chI。用 chlorophyll meter spad-502 测量每盆从顶端往下第 3 张完全展开叶片的叶绿素值,每盆测 10 张叶片,取平均值。(7)土壤电导率。将花盆的土壤倒出来,取每个花盆上、中、下 3 处位置等量的泥土混合均匀,烘干再研磨,每处理取等量泥土溶于水搅拌后静置

后,再取出等体积的静置液测其电导率。(8)干物质量。各处理草坪草沿花盆的边缘进行修剪,垂直生长的修剪留茬高度与试验开始前保持一致 4 cm,将每盆修剪下的草屑收集,统一杀青(105 ℃杀青 15 min),然后 60 ℃烘 48 h,取出后称量的质量就是增长的干物质量。(9)根的体积。从泥土中取出海雀稗的根,用水冲洗干净晾干,再将其放入装有一定体积水的量筒中,再读取将根放入量筒后所增长的体积。

1.5 数据处理

用 SPSS 16.0 和 Excel 软件进行数据分析处理与整理。

2 结果与分析

2.1 不同比例海水处理间各生理指标比较

对照组与各个处理间的匍匐茎的长度、茎的个数、直立茎的垂直高度、叶片枯黄率、叶片颜色、坪用质量、叶绿素含量(匍匐茎)、干物质质量、根的体积、土壤电导率差异显著(表 1),变异范围分别为 5.359%~15.429%、48%~149.067%、6.013%~8.24%、3.4%~38.0%、4.027%~8.127%、3.02%~8.287%、47.556%~51.578%、16.39%~58.36%、16.333%~28.333%、0.47%~0.797%,变异系数分别为 40.05%、41.5%、12.65%、82.42%、23.38%、32.17%、2.52%、52.51%、17.18%、20.3%。多重比较结果显示,各个指标之间差异显著( $P<0.05$ )或极显著( $P<0.01$ )。

表 1 海雀稗不同比例海水处理下生理指标

处理	茎长度(cm)	茎个数(个)	垂直高度(cm)	叶片枯黄率(%)	叶片颜色
对照	15.429±5.20aA	125.067±28.59bB	8.147±1.53abA	5.3±2.74eE	5.773±1.31dD
16.7% 海水	11.129±2.18bB	149.067±36.59aA	8.24±0.42aA	3.4±2.29eE	8.127±0.62aA
33.3% 海水	9.08±1.95cC	101.533±35.51cC	7.813±0.87abA	5.0±2.64eE	7.929±0.70aA
50.0% 海水	7.769±1.73dCD	88.4±29.10cC	7.607±1.04abA	11.2±5.73dD	7.353±0.40bB
66.7% 海水	6.774±1.26deDE	59.733±21.84dD	7.52±1.06bA	18.5±6.50cC	6.587±0.36cC
83.3% 海水	5.988±0.91eE	60.133±14.18dD	6.06±0.53cB	24.5±7.70bB	5.253±0.62eD
100% 海水	5.359±0.52fE	48.0±9.55dD	6.013±0.54cB	38.0±14.48aA	4.027±0.47fE
平均值	8.789	90.276	7.343	15.129	6.436
变异范围	5.359~15.429	48~149.067	6.013~8.24	3.4~38.0	4.027~8.127
变异系数(%)	40.05	41.5	12.65	82.42	23.38

处理	坪用质量	匍匐茎叶绿素含量(SPAD 值)	干物质质量(g)	根的体积(mL)	土壤电导率(mS/cm)
对照	7.187±1.19bB	47.556±2.90bA	58.36aA	28.333aA	0.48eE
16.7% 海水	8.287±0.60aA	49.767±0.50abA	47.493bB	25.0abAB	0.47eE
33.3% 海水	7.12±0.64bB	50.522±1.35abA	30.59cC	21.667abcAB	0.535dD
50.0% 海水	6.193±0.25cC	49.011±3.73abA	25.667dCD	21.667abcAB	0.558dD
66.7% 海水	5.0870.81dD	51.578±2.31aA	20.7eDE	22.333abcAB	0.619cC
83.3% 海水	4.06±0.69eE	50.2±4.93abA	16.683eE	19.667bcAB	0.713bB
100% 海水	3.02±0.36fF	50.522±1.15abA	16.39fE	16.333cB	0.797aA
平均值	5.851	49.879	30.84	22.143	0.596
变异范围	3.02~8.287	47.556~51.578	16.39~58.36	16.333~28.333	0.47~0.797
变异系数(%)	32.17	2.52	52.51	17.18	20.3

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ )。

不同比例海水处理间也存在一定差异,对照组与 16.7%、33.3% 海水浓度处理组匍匐茎的长度差异均极显著;匍匐茎个数指标,16.7% 浓度处理组极显著高于对照组,但对照组又显著高于其他处理组;叶片枯黄率指标,对照组与 16.7%、33.3% 海水处理组差异不显著,但显著低于其他处理组;叶片颜色指标,16.7% 与 33.3% 海水处理组之间差异不显著,但极显著高于对照组与其他处理;坪用质量指标,16.7% 海水浓度处理组显著高于对照组与其他处理组,但对照组与 33.3% 海水处理组差异不显著。综合考虑以上所述几个指标,初步得出 16.7% 海水浓度下的海雀稗长势最好,成坪效果也最好(图 1)。

2.2 不同处理下各指标间的相关性分析

不同处理下各指标间的相关性分析结果(表 2)表明,各指标间有一定的相关性,部分指标可达到显著( $P<0.05$ )

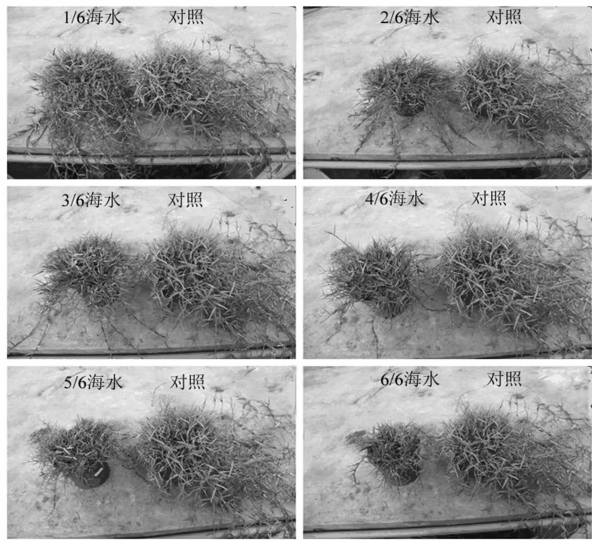


图1 不同比例海水处理与对照生长对比情况

或极显著( $P<0.01$ )水平,说明各项指标在不同海水浓度处理下总体变化趋势比较一致。指标直立茎的叶绿素含量与其他各个指标均没有达到显著相关,而匍匐茎的叶绿素含量只与茎的个数和土壤电导率 2 个指标有显著相关性,和其他指标相关性均不显著。

2.3 回归分析

对处理海水比例与枯黄率进行相关分析和回归分析,得到回归方程  $y=0.432x^2-0.102x+0.046$ 。在回归计算的基础上令叶片枯黄率为 50%,求得 50% 致死盐浓度为 3.5%。这说明即便是全海水浇灌,海雀稗 SA01 叶片枯黄率仍未达 50%,在整个试验过程中,对照组的叶片枯黄率高于 16.7%、33.3% 海水浓度处理组的叶片枯黄率,50.0% 海水浓度及更高海水浓度处理组的叶片枯黄率明显高于对照组与另 2 个处理组。这说明海雀稗新品系 SA01 具有一定的耐盐性,给予适当的盐处理条件,更利于其生长,但是当盐浓度过高则会对海雀稗产生一定的盐害作用。

表 2 各指标间的相关性分析

指标	相关系数									
	茎个数	垂直高度	叶片颜色	叶片枯黄率	坪用质量	叶绿素含量(直立茎)	叶绿素含量(匍匐茎)	土壤电导率	总干质量	根的体积
茎长度	0.830 *	0.768 *	0.300	-0.724	0.759 *	-0.712	-0.769 *	-0.964 **	0.983 **	0.902 **
茎个数		0.837 *	0.663	-0.870 *	0.946 **	-0.311	-0.577	-0.718	0.904 **	0.810 *
垂直高度			0.794 *	-0.930 **	0.940 **	-0.206	-0.398	-0.729	0.788 *	0.854 *
叶片颜色				-0.849 *	0.840 *	0.390	-0.013	-0.245	0.375	0.481
叶片枯黄率					-0.973 **	0.100	0.452	0.707	-0.760 *	-0.836 *
坪用质量						-0.134	-0.448	-0.685	0.816 *	0.819 *
叶绿素含量(直立茎)							0.615	0.738	-0.666	-0.599
叶绿素含量(匍匐)								0.802 *	-0.738	-0.639
土壤电导率									-0.923 **	-0.929 **
总干质量										0.913 **

注: \*\* 表示有极显著( $P<0.01$ )、显著( $P<0.05$ )相关性。

3 结论与讨论

在不同的指标间,茎个数的变异范围最大,其次是叶片枯黄率,而垂直高度的变异范围最小,其他指标处于二者之间。

在海雀稗 SA01 的耐盐性评价中,10 个指标之间存在不同程度的相关性,其中叶片枯黄率与坪用质量之间负相关,相关系数为 -0.973( $P<0.01$ ),匍匐茎叶绿素含量与叶片颜色之间相关系数仅为 -0.013。叶片枯黄率与坪用质量呈极显著负相关,表明叶片枯黄率越高,海雀稗的坪用质量越低,因为绿色叶片是影响草坪坪用价值的因素之一。但是,正确评价草坪草耐盐性应该在大田试验中测定,大田试验需要时间长而且条件不容易控制<sup>[28]</sup>,这样测出来的数据得出的结论更加真实。

在试验中,对照组的叶片颜色较不同比例海水处理组颜色浅,不同处理组整体表现也有差异,从 50.0% 浓度开始到纯海水处理组,海雀稗的叶片开始发卷,而且长势较差,分蘖数较少,匍匐茎的个数少且又短。说明海雀稗需要海水浇灌但又有一定的浓度范围,超过界限就会影响其正常生长。

参考文献:

[1] 吴欣明,王运琦,刘建宁,等. 羊茅属植物耐盐性评价及其对盐胁迫

的生理反应[J]. 草业学报,2007,16(6):67-73.  
[2] 郭永盛,陶波尔. 内蒙古河套灌区盐碱地枸杞种植效益分析[J]. 林业资源管理,2008(2):90-94.  
[3] 重度盐碱地开发利用开启新思路[EB/OL]. (2007-10-08)[2015-03-02]. <http://www.edu.cn/nong-ye-ke-ji-1133/20071008/t20071008-257461.html>.  
[4] 陈静波,阎君,张婷婷,等. 四种暖季型草坪草对长期盐胁迫的生长反应[J]. 草业学报,2008,17(5):30-36.  
[5] Levitt J. Response of plants to environmental stress[M]. New York: Academic Press,1980:300-590.  
[6] 于海武,李莹. 植物耐盐性研究进展[J]. 北华大学学报:自然科学版,2004,5(3):257-263.  
[7] Hu Y,Schmidhalter U. Effect of salinity on the composition,number and size of epidermal cells along the mature blade of wheat leaves[J]. J Integrative Plant Biology,2007,49(7):1016-1023.  
[8] 常乐,夏宜平. 盐胁迫下东方百合的生理生化响应[C]//中国观赏园艺研究进展 2008——中国园艺学会观赏园艺专业委员会 2008 年学术年会论文集. 哈尔滨,2008.  
[9] 邹日,柏新富,朱建军. 盐胁迫对三角叶滨藜根选择透性和反射系数的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(9):2223-2227.  
[10] 王娜,李海梅. 冷季型草坪草耐盐性研究[J]. 湖北农业科学,2011,50(10):2047-2051.

王志栓,薛晓丽,费洋. 重金属胁迫对人参生长发育及生理生化特性的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(4):253-256.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.04.071

# 重金属胁迫对人参生长发育及生理生化特性的影响

王志栓<sup>1</sup>, 薛晓丽<sup>2</sup>, 费洋<sup>1</sup>

(1. 吉林农业科技学院中药学院, 吉林吉林 132101; 2. 吉林农业科技学院实验中心, 吉林吉林 132101)

**摘要:**通过盆栽方式研究铅(Pb)、镉(Cd)、铜(Cu)、镍(Ni)、锌(Zn)单一元素胁迫对人参地上部分生长发育及生理生化指标的影响。结果表明:各元素胁迫对人参的株高、叶面积均有抑制作用;对人参叶的各项生理生化指标产生不同程度的影响。在Pb、Cu、Ni、Zn胁迫下,人参叶的各项生理指标变化趋势基本一致,即游离脯氨酸、丙二醛(MDA)含量整体上提高,叶绿素含量下降,SOD活性减弱,POD活性波动性地增强,可溶性糖、可溶性蛋白含量下降。其中Ni 4水平(400 mg/kg)处理下人参幼苗死亡;Cd处理下多项指标出现异常,具体机理有待进一步研究。综合各项指标发现,各重金属对人参地上部分胁迫程度从大到小为Pb > Zn > Cu > Cd。

**关键词:**重金属;胁迫;人参地上部分;生长;生理生化特性

**中图分类号:** S567.5+10.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)04-0253-04

随着我国工业城市化的不断发展,工业和生活用水排放,汽车废气排放,污水灌溉,含重金属的化肥、有机肥、农药等的不合理施用所造成的土壤重金属污染问题也日益严重<sup>[1-2]</sup>。重金属不仅对土壤的生态结构、功能稳定性有明显的不良影响,而且对植物的膜透性、光合作用、呼吸作用等代谢作用也有着严重的影响<sup>[3]</sup>。由于重金属的强富集性,导致其可通过食物链进入动物和人体,从而严重危害生物健康<sup>[4-5]</sup>,因此,研究重金属对植物的危害成为热点问题。人参(*Panax gin-*

*seng*)是多年生宿根植物,其根是名贵药材,具有大补元气、复脉固脱、补脾益肺、生津养血、安神益智功效,其主要有效成分是人参皂苷<sup>[6]</sup>,历来被称为百草之王,在我国主要分布于吉林省东部的长白山地区。近年来人参价格一路攀升<sup>[7]</sup>,一方面是因为人参强大的药用价值;另一方面是因为人参已经成为一种新食品资源<sup>[8]</sup>,市场面的扩大,使得人参种植面积快速增长,尤其是新发展而来的农田栽培,使得人参中重金属残留问题引起广泛重视,人参重金属残留量方面的质量标准也在制定中,而重金属胁迫对人参地上部分的生长及生理生化指标的影响却鲜见报道。人参是自养植物,其地上部分的生长状况直接影响其有效成分人参总皂苷含量。本试验旨在通过讨论单一重金属胁迫对人参生长及生理生化指标的影响,为进一步研究重金属胁迫对人参有效成分人参总皂苷的影响做好基础工作。

收稿日期:2015-03-03

基金项目:吉林省教育厅“十二五”科学技术研究项目(编号:吉教科合字[2013]第341号)。

作者简介:王志栓(1991—),男,河北邯郸人,主要从事中药学研究。

通信作者:薛晓丽,硕士,高级实验师,主要从事天然产物提取分离的教学与研究工作。E-mail: lilyxue4222@163.com。

[11] 陈德明,俞仁培. 盐胁迫下不同小麦品种的耐盐性及其离子特征[J]. 土壤学报,1998,35(1):88-94.

[12] 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.

[13] 杜中军,翟衡,罗新书,等. 苹果砧木耐盐性鉴定及其指标判定[J]. 果树学报,2002,19(1):4-7.

[14] 李卫欣,刘畅,王鹏,等. NaCl胁迫对不同南瓜幼苗生理特性的影响[J]. 北方园艺,2010(6):56-58.

[15] Duncan R R, Carrow R N. Seashore paspalum in the environment turf-grass[M]. New York: John Wiley and Sons, 2002.

[16] 车艳波,汤一卒,纪从亮. 我国棉花育苗技术进展与展望[J]. 中国棉花,2002(12):2-4.

[17] 钟小仙,邹轶,张建丽,等. 海盐胁迫对海滨雀稗植株形态与生长的影响[J]. 江苏农业科学,2009(6):235-236.

[18] 解新明,卢小良. 海雀稗种质资源的优良特性及其利用价值[J]. 华南农业大学学报,2004,25(S2):64-67.

[19] 邹轶,顾洪如,钟小仙,等. 海盐胁迫对海滨雀稗生长及植株体内阳离子含量的影响[J]. 草业科学,2009,26(4):117-120.

[20] 陈龙兴. 浅谈草坪草海滨雀稗的管理与养护[J]. 上海农业科

技,2007(4):102-103.

[21] 黄小辉,廖丽,白昌军,等. 地毯草耐盐浓度梯度筛选与临界盐浓度研究[J]. 草业科学,2012,29(4):599-604.

[22] 陈静波,阎君,姜燕琴,等. NaCl胁迫对6种暖季型草坪草新选系生长的影响[J]. 植物资源与环境学报,2007,16(4):47-52.

[23] 陈静波,张婷婷,阎君,等. 短期和长期盐胁迫对暖季型草坪草新选系生长的影响[J]. 草业科学,2008,25(7):109-113.

[24] 王志勇,刘建秀,郭海林. 狗牙根种质资源营养生长特性差异的研究[J]. 草业学报,2009,18(2):25-32.

[25] Chen J B, Yan J, Qian Y L, et al. Growth responses and ion regulation of four warm season turfgrasses to long-term salinity stress[J]. Scientia Horticulturae, 2009, 122(4):620-625.

[26] Qian Y L, Engelke M C, Foster M V. Salinity effects on Zoysiagrass cultivars and experimental lines[J]. Crop Science, 2000, 40:488-492.

[27] Kitamura F. Studies on the horticultural classification and development of Japanese lawn grasses[D]. Tokyo: Bulletin Kemigawa Arbo-retum Faculty Agricultural University, 1970.

[28] 张秀云. 草坪草耐盐性研究进展[J]. 草原与草坪, 2000, 89(2):8-11.