

吴平,陈晓梅,丁宁. 4 种湿生植物苗期耐盐性综合评价[J]. 江苏农业科学,2014,42(9):148-150.

# 4 种湿生植物苗期耐盐性综合评价

吴平,陈晓梅,丁宁

(南通农业职业技术学院,江苏南通 226007)

**摘要:**以湿生植物黄菖蒲、水生美人蕉、花叶芦竹、旱伞草为研究对象,研究了不同盐浓度下 4 种植物的生理指标变化。结果表明:盐胁迫下 4 种植物叶绿素含量随盐浓度的增大而减少;相对电导率、丙二醛含量、超氧化物歧化酶活性、脯氨酸含量、可溶性糖含量均随盐浓度增大而增加;利用相关分析、主成分分析、隶属函数法对 4 种植物的耐盐性进行综合评价,表明 4 种植物的耐盐性强弱为花叶芦竹 > 旱伞草 > 水生美人蕉 > 黄菖蒲。

**关键词:**湿生植物;耐盐性;隶属函数法;综合评价;耐盐绿化植物

**中图分类号:** Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)09-0148-03

江苏省南通市是我国沿海地区土地资源最丰富的地区之一,拥有海岸带面积 1.3 万 km<sup>2</sup>,沿海滩涂 21 万 hm<sup>2</sup>。根据不同植物的耐盐性,选择能在不同盐碱地上造林绿化的耐盐植物,对改善盐碱地生态系统,减少土壤盐渍化危害具有重要意义。目前关于盐胁迫下植物的生理生化响应以及植物耐盐能力评价的研究较多,但集中在木本植物及草坪草<sup>[1-10]</sup>,对于湿生植物耐盐性的研究较少。本研究采用人工盐胁迫的方法,通过水培试验对 4 种湿生植物进行苗期盐胁迫处理,分析其生理生化指标,利用隶属函数法对 4 种植物耐盐性进行评价,筛选出能适应高盐环境的优良耐盐碱植物,以期丰富南通地区盐碱地植物品种,为耐盐绿化植物的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为黄菖蒲(*Iris pseudacorus*)、水生美人蕉(*Canna generalis*)、花叶芦竹(*Arundo donax* var. *versicolor*)、旱伞草(*Cyperus alternifolius*)的健壮幼苗。

### 1.2 试验设计

采用完全随机区组设计,共设 5 个盐分梯度,NaCl 溶液浓度分别为 0、50、100、200、400 mmol/L。将生长旺盛期的湿生植物栽培于方形塑料桶中,规格为 50 cm × 30 cm × 35 cm,每盆 6 株,每个处理各 5 盆。置于温室中,经过 20 d 的适应性培养后,对每种植物选取长势基本一致的样本各 6 株置于塑料桶中,每种植物 3 次重复。分别置于 5 种盐浓度梯度(0、50、100、200、400 mmol/L)的 Hoagland 营养液中,胁迫 30 d 后,采集植株叶片进行生理指标测定。

叶片相对电导率(Rc)测定采用电导法;叶绿素(ChL)含量测定采用丙酮乙醇混合液提取法<sup>[11]</sup>;可溶性糖(SS)含量采用蒽酮比色法测定;脯氨酸(Pro)含量采用酸性茚三酮法测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)光还原法测定;丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法测定<sup>[12]</sup>。

### 1.3 数据分析

运用 SPSS 13.0 软件对试验数据进行主成分分析。采用隶属函数法对 4 种供试植物 6 个指标的隶属函数值计算加权平均值,以评价各植物的抗盐性。隶属函数值、权重、抗旱性综合评价值计算公式如下。

$$U(X_j) = \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

式中: $U(X_j)$ 为隶属函数值; $X_j$ 为第  $j$  个因子的得分值; $X_{\max}$ 为第  $j$  个因子得分最大值; $X_{\min}$ 为第  $j$  个因子得分最小值。

$$W_j = \frac{P_j}{\sum_{i=1}^n P_i}, j=1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

式中: $W_j$ 为第  $j$  个公因子在所有公因子中的重要程度,即权重; $P_j$ 为各品种第  $j$  个公因子的贡献率。

$$D = \sum_{j=1}^n [U(X_j) \times W_j], j=1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

式中: $D$ 为材料在盐胁迫条件下用综合指标评价所得的抗盐性综合评价值。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐胁迫条件下 4 种湿生植物生理生化指标的变化

植物受盐胁迫时,体内相关生理生化指标会出现相应变化,生理生化指标的变化可以在一定程度上反映出植物对盐胁迫的抗性强度。在植物受逆境胁迫时,细胞膜受损,会导致电解质外渗量增大、电导率升高,因此电导率升高程度与逆境胁迫强度有关。从表 1 可以看出,随着盐浓度增大,4 种植物的电导率都呈现逐渐升高的趋势,其中花叶芦竹的变化幅度最小,黄菖蒲的变化幅度较大。

随着盐浓度增大,4 种植物的叶绿素含量基本呈下降趋势,黄菖蒲叶绿素含量在 400 mmol/L 盐浓度处理下下降最显著,为对照的 25%。叶绿体作为植物进行光合作用的场所,也是对盐胁迫最敏感的细胞器之一。叶片叶绿素含量与植物光合速率及有机物质的积累密切相关,因此叶绿素含量通常被作为植物对各种逆境环境胁迫下植物抗性的重要指标。

在可溶性糖含量方面,随着盐胁迫浓度增大,黄菖蒲可溶性糖含量基本呈先升高后降低的趋势;盐胁迫处理下花叶芦竹可溶性糖含量基本高于对照;其余 2 种植物的可溶性糖含

收稿日期:2013-11-18

基金项目:江苏省南通市科技项目(编号:HL2013035)。

作者简介:吴平(1977—),男,江西南昌人,博士研究生,讲师,研究方向为园林植物应用。E-mail:344847501@qq.com。

量都呈上升趋势,其中水生美人蕉可溶性糖含量上升趋势明显,在 400 mmol/L 盐浓度处理下为对照的 1.87 倍,差异显著。

脯氨酸是一种重要的渗透调节物质和抗氧化物质,随着盐胁迫浓度增大,供试植物叶片中脯氨酸含量均呈上升趋势,但增加幅度有较大区别,200、400 mmol/L 盐浓度处理下水生美人蕉、旱伞草、黄菖蒲的脯氨酸含量均显著高于对照;而花叶芦竹脯氨酸含量总体上高于对照,但差异不显著。

4 种植物在超氧化物歧化酶活性和丙二醛含量表现一致,随着盐胁迫浓度增大,基本呈逐渐增加的趋势。超氧化

物歧化酶作为植物重要的保护酶,主要功能是清除植物受到外界胁迫时产生的  $O_2^- \cdot$ ,防止  $O_2^- \cdot$  对膜系统造成的伤害。盐胁迫下 4 种植物的 SOD 活性增强,说明 4 种植物在 0~400 mmol/L 盐浓度处理下体内抗氧化系统逐步增强。丙二醛是膜脂过氧化物,对细胞膜有毒害作用<sup>[13]</sup>,当丙二醛含量大量增加时,表明体内细胞受到较严重的破坏,丙二醛含量反映了质膜过氧化程度,在 400 mmol/L 盐浓度处理下,黄菖蒲、水生美人蕉、花叶芦竹、旱伞草丙二醛含量分别为对照的 1.6、1.4、1.5、1.4 倍。

表 1 盐胁迫对 4 种植物生理指标的影响

| 植物种类  | 盐浓度<br>(mmol/L) | 相对电导率<br>(%) | 叶绿素含量<br>(mg/g) | 可溶性糖含量<br>(μg/g) | 脯氨酸含量<br>(μg/g) | 超氧化物歧化酶活性<br>[U/(g·h)] | 丙二醛含量<br>(nmol/g) |
|-------|-----------------|--------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------------|-------------------|
| 黄菖蒲   | 0               | 12.743c      | 4.324a          | 40.321a          | 0.127a          | 349.675a               | 10.436a           |
|       | 50              | 13.865bc     | 4.021a          | 39.765a          | 0.132a          | 326.078ab              | 10.872a           |
|       | 100             | 13.761c      | 3.659ab         | 50.324b          | 0.164b          | 336.612ab              | 13.654b           |
|       | 200             | 21.096ab     | 2.178c          | 57.984c          | 0.187c          | 410.643b               | 14.547b           |
|       | 400             | 22.876a      | 1.098d          | 40.651a          | 0.251d          | 387.561c               | 16.654c           |
| 水生美人蕉 | 0               | 9.876c       | 2.036a          | 24.654a          | 0.164a          | 387.561c               | 18.341a           |
|       | 50              | 9.964c       | 1.908a          | 25.086a          | 0.156a          | 456.346a               | 18.897a           |
|       | 100             | 13.651b      | 1.453ab         | 29.805b          | 0.174b          | 437.908a               | 20.098b           |
|       | 200             | 13.097b      | 0.987c          | 39.134c          | 0.190c          | 589.654c               | 22.954bc          |
|       | 400             | 15.537a      | 0.765c          | 46.097d          | 0.231d          | 445.261bc              | 26.431c           |
| 花叶芦竹  | 0               | 6.843a       | 2.876a          | 78.076a          | 0.172a          | 229.718a               | 13.371a           |
|       | 50              | 7.097b       | 2.987a          | 67.765a          | 0.182ab         | 217.473a               | 12.671a           |
|       | 100             | 7.761b       | 2.564ab         | 79.021a          | 0.207b          | 278.987bc              | 15.653bc          |
|       | 200             | 8.065bc      | 1.765b          | 86.753b          | 0.215b          | 330.761c               | 17.459c           |
|       | 400             | 8.341c       | 1.096c          | 80.674a          | 0.253b          | 376.98d                | 20.031d           |
| 旱伞草   | 0               | 6.437a       | 6.762a          | 20.761a          | 0.142a          | 129.052a               | 10.452a           |
|       | 50              | 6.865a       | 6.954a          | 21.863b          | 0.126a          | 138.983a               | 9.065a            |
|       | 100             | 7.054a       | 6.437a          | 22.784b          | 0.153b          | 153.905bc              | 12.342b           |
|       | 200             | 9.642b       | 5.984a          | 20.458a          | 0.198c          | 156.378bc              | 13.123b           |
|       | 400             | 10.689c      | 3.768b          | 24.956c          | 0.234d          | 167.986c               | 14.984c           |

注:不同小写字母表示相同植物不同处理组间在 0.05 水平上差异显著。

2.2 盐胁迫条件下 4 种湿生植物耐盐性的综合评价

2.2.1 生理生化指标的抗盐系数及相关性分析 对表 2 中 4 种植物抗盐系数<sup>[14]</sup>进行相关性分析,得到相关系数矩阵(表 3)。从表 3 可以看出,大部分生理生化指标间存在极显著或显著相关。各指标间提供的信息发生重叠,由于各指标在植物耐盐性评价中所起的作用不同,因此直接利用单个指标对植物进行耐盐性评价会产生较大差别。

表 2 4 种植物生理指标的抗盐系数

| 植物种类  | 抗盐系数  |       |        |       |           |       |
|-------|-------|-------|--------|-------|-----------|-------|
|       | 相对电导率 | 叶绿素含量 | 可溶性糖含量 | 脯氨酸含量 | 超氧化物歧化酶活性 | 丙二醛含量 |
| 黄菖蒲   | 0.365 | 0.458 | 0.851  | 0.325 | 1.023     | 1.236 |
| 水生美人蕉 | 1.025 | 0.754 | 1.254  | 0.369 | 1.514     | 1.165 |
| 花叶芦竹  | 0.156 | 0.652 | 1.165  | 0.521 | 1.321     | 0.561 |
| 旱伞草   | 1.231 | 0.965 | 0.963  | 0.596 | 1.327     | 0.847 |

表 3 4 种植物生理指标抗盐系数间的相关性分析

| 指标        | 抗盐系数间的相关系数 |         |         |        |           |       |
|-----------|------------|---------|---------|--------|-----------|-------|
|           | 相对电导率      | 叶绿素含量   | 可溶性糖含量  | 脯氨酸含量  | 超氧化物歧化酶活性 | 丙二醛含量 |
| 相对电导率     | 1.000      |         |         |        |           |       |
| 叶绿素含量     | -0.702**   | 1.000   |         |        |           |       |
| 可溶性糖含量    | 0.421*     | 0.674** | 1.000   |        |           |       |
| 脯氨酸含量     | 0.821**    | -0.785* | -0.412* | 1.000  |           |       |
| 超氧化物歧化酶活性 | 0.028*     | 0.621** | 0.321** | 0.086* | 1.000     |       |
| 丙二醛含量     | -0.321*    | 0.462   | -0.125  | -0.321 | -0.521*   | 1.000 |

注:“\*”“\*\*”分别表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。

2.2.2 生理生化指标的主成分分析 由表 4 可见,按最小特征值>1 的原则,保留前 2 个公因子,第 1 主成分、第 2 主成

分的累积贡献率分别为 77.2%、15.6%。根据各因子的特征向量,第 1 主成分包括相对电导率、丙二醛含量、超氧化物歧

化酶活性、游离脯氨酸含量的耐盐系数,第 2 主成分包括叶绿素和可溶性糖含量的耐盐系数。2 个主成分因子的累积贡献

率达到 92.8%,包括了大多数信息,因此将原来 6 个生理生化指标转化为 2 个新的相互独立指标。

表 4 4 种植物生理指标的主成分分析

| 主成分 | 各指标特征向量 |        |        |       |           |        | 贡献率 (%) |
|-----|---------|--------|--------|-------|-----------|--------|---------|
|     | 相对电导率   | 叶绿素含量  | 可溶性糖含量 | 脯氨酸含量 | 超氧化物歧化酶活性 | 丙二醛含量  |         |
| 1   | 0.561   | 0.125  | 0.038  | 0.412 | 0.621     | -0.365 | 77.2    |
| 2   | -0.103  | -0.847 | 0.629  | 0.085 | -0.216    | 0.115  | 15.6    |

2.2.3 综合评价 根据各因子得分值,由式(1)求出 4 种植物所有公因子的隶属函数值;再根据公因子贡献率,由式(2)求出各公因子的权重;最后利用式(3)得到 4 种植物耐盐性的综合评价值(*D*),结果见表 5。*D* 值大小反映了各植物综合耐盐能力,*D* 值越大表明越耐盐。4 种植物幼苗 *D* 值大小顺序为花叶芦竹>旱伞草>水生美人蕉>黄菖蒲。由此可见,4 种供试幼苗中以花叶芦竹耐盐能力最强,水生美人蕉、黄菖蒲耐盐能力最弱,旱伞草耐盐能力居中。

表 5 4 种植物的耐盐能力综合评价结果

| 植物种类  | 指标       |          |             |             | <i>D</i> 值 |
|-------|----------|----------|-------------|-------------|------------|
|       | 主成分 1 得分 | 主成分 2 得分 | 主成分 1 隶属函数值 | 主成分 2 隶属函数值 |            |
| 黄菖蒲   | -2.60    | 0.68     | 0.00        | 0.58        | 0.10       |
| 水生美人蕉 | -2.35    | 1.87     | 0.04        | 1.00        | 0.21       |
| 花叶芦竹  | 3.74     | 1.15     | 1.00        | 0.46        | 0.91       |
| 旱伞草   | 1.21     | -0.96    | 0.60        | 0.00        | 0.50       |
| 贡献率   | 0.772    | 0.156    |             |             |            |
| 权重    |          |          | 0.832       | 0.168       |            |

3 结论与讨论

在 0~400 mmol/L 盐浓度胁迫下,花叶芦竹、旱伞草、水生美人蕉、黄菖蒲的幼苗体内生理生化指标均出现不同程度变化,但 4 种植物在 50、100 mmol/L 盐浓度胁迫下生理生化指标变化不显著,说明 4 种植物对低浓度盐胁迫都具有一定抗性。

盐胁迫首先对植物造成的伤害是渗透胁迫,导致膜透性增大,植物叶片受损,进而导致叶绿素含量降低。为抵御盐胁迫,植物会通过积累一些渗透调节物质如脯氨酸和可溶性糖来调节自身的渗透势,以此提高植物的耐盐性。同时通过被动增加的 SOD 活性减轻膜系统的氧化损伤。MDA 是反映细胞膜脂过氧化水平的重要指标,在所测的 6 项生理指标中,相对电导率、丙二醛含量、超氧化物歧化酶活性、游离脯氨酸含量对盐浓度变化较敏感,其次为叶绿素和可溶性糖含量。

植物耐盐性受多种因素影响,耐盐能力是多种代谢的综合表现,仅用单项指标对不同植物耐盐性进行评价具有一定的局限性,因此运用综合评价法对植物耐盐性进行综合评价是相对科学合理的,能有效反映出不同材料的耐盐性<sup>[15-16]</sup>。本研究以盐胁迫下 4 种植物幼苗的 6 个生理生化指标的耐盐系数作为衡量 4 种植物耐盐能力的指标,用主成分分析法将数量较多且复杂的指标转换成数量较少且彼此独立的综合指标;然后利用隶属函数值加权平均法得到耐盐性度量值(*D* 值),*D* 值越大,耐盐性越强,4 种植物对 NaCl 的耐性由强至

弱依次为花叶芦竹>旱伞草>水生美人蕉>黄菖蒲。

不同湿生植物的耐盐性不同,在实际应用中应根据水体中的盐浓度以及植物对盐的耐受性和生活习性,选用适宜的湿生植物种类进行建植,以取得较好效果。同时由于在实际盐碱土中含常多种盐分,不同无机离子间也存在相互作用,因此关于植物在实际盐碱土壤条件下的耐盐性尚须进一步研究。

参考文献:

[1]张 耿,高洪文,王 赞,等. 偃麦草属植物苗期耐盐性指标筛选及综合评价[J]. 草业学报,2007,16(4):55-61.

[2]张华新,宋 丹,刘正祥. 盐胁迫下 11 个树种生理特性及其耐盐性研究[J]. 林业科学研究,2008,21(2):168-175.

[3]孙海菁,王树凤,陈益泰. 盐胁迫对 6 个树种的生长及生理指标的影响[J]. 林业科学研究,2009,22(3):315-324.

[4]刘一明,程凤枝,王 齐,等. 四种暖季型草坪植物的盐胁迫反应及其耐盐阈值[J]. 草业学报,2009,18(3):192-199.

[5]李 源,刘贵波,高洪文,等. 紫花苜蓿种质耐盐性综合评价及盐胁迫下的生理反应[J]. 草业学报,2010,19(4):79-86.

[6]夏礼如,钱春桃. 复合钠盐胁迫对黄瓜幼苗生长及生理特性的影响[J]. 江苏农业学报,2013,29(1):147-150.

[7]李会欣,吴 明,方炎明,等. NaCl 胁迫对海滨木槿叶片生理特性的影响[J]. 植物资源与环境学报,2010,19(3):55-61.

[8]印志同,杨庆华,倪正斌,等. 糯玉米芽苗期耐盐性鉴定及相关分子标记筛选[J]. 江苏农业学报,2012,28(2):278-283.

[9]魏秀君,殷云龙,芦治国,等. NaCl 胁迫对 5 种绿化植物幼苗生长和生理指标的影响及耐盐性综合评价[J]. 植物资源与环境学报,2011,20(2):35-42.

[10]杨 升,刘正祥,张华新,等. 3 个树种苗期耐盐性综合评价及指标筛选[J]. 林业科学,2013,49(1):91-98.

[11]张宪政. 植物叶绿素含量测定——丙酮乙醇混合液法[J]. 辽宁农业科学,1986(3):26-28.

[12]李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.

[13]张卫华,张方秋,张守攻,等. 3 种相思幼苗抗旱性研究[J]. 林业科学研究,2005,18(6):695-700.

[14]周广生,梅方竹,周竹青,等. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测[J]. 中国农业科学,2003,36(11):1378-1382.

[15]贾亚雄,李向林,袁庆华,等. 披碱草属野生种质资源苗期耐盐性评价及相关生理机制研究[J]. 中国农业科学,2008,41(10):2999-3007.

[16]王玉祥,张 博,王 涛. 盐胁迫对苜蓿叶绿素、甜菜碱含量和细胞膜透性的影响[J]. 草业科学,2009,26(3):53-56.