

木槿属外来种质 *Hibiscus dasycalyx* 对 NaCl 胁迫的生理响应

李辛晨 (国家知识产权局专利局专利审查协作北京中心, 北京 100160)

**摘要** 采用盆栽试验, 比较不同浓度 NaCl 胁迫下, 从美国引进的木槿属植物 *Hibiscus dasycalyx* 叶片超氧化物歧化酶活性、细胞膜透性、脯氨酸含量、可溶性糖含量以及根茎叶  $K^+$ 、 $Na^+$  浓度等生理指标的变化。试验表明, *H. dasycalyx* 在 NaCl 胁迫具有一定的抗性, 在沿海以及其他土壤盐分以氯化盐为主, 土壤含盐量在 6 g/kg 以下的地区具有一定应用价值。

**关键词** NaCl 胁迫; 木槿属; 外来种质

**中图分类号** Q945 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2019)14-0113-03

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.14.033

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Physiological Response of Exotic Germplasm of *Hibiscus dasycalyx* to NaCl Stress

LI Xin-chen (Patent Examination Cooperation (Beijing) Center of the Patent Office, CNIPA, Beijing 100160)

**Abstract** In this study, pot experiments were conducted to compare the changes of SOD activity, cell membrane permeability, proline content, soluble sugar content,  $K^+$ ,  $Na^+$  concentrations of root, stem, leaf in *Hibiscus dasycalyx* leaves imported from the United States under different concentrations of NaCl stress. *H. dasycalyx* had certain resistance to NaCl stress, and had certain application value for coastal and other soil salinity with chlorinated salt and soil salinity belows 6 g/kg.

**Key words** NaCl stress; *Hibiscus*; Exotic germplasm

近年来, 锦葵科 (Malvaceae) 木槿属 (*Hibiscus*) 植物的研究和开发应用日益受到人们的重视。栽培应用情况显示, 该属植物多数种类对于干旱、瘠薄、盐碱等不良土壤条件表现出较好的适应性, 是一类极具开发潜力、抗逆性强的植物类群<sup>[1]</sup>。*Hibiscus dasycalyx* 原生境为美国德克萨斯州东部季节性沼泽地<sup>[2]</sup>, 植株高 1.2~1.3 m, 茎较细, 易倒伏, 花期 7—8 月, 开花为白色, 花朵内基部深紫色, 花直径相对较小, 为 9.0 cm, 故取中文名为“小白花木槿”。笔者拟通过盆栽试验, 测定 NaCl 胁迫下外来木槿属种质 *Hibiscus dasycalyx* 的 SOD 酶活性、细胞膜透性、可溶性糖含量以及根茎叶  $K^+$ 、 $Na^+$  浓度等生理指标的变化, 分析不同浓度盐胁迫对 *Hibiscus dasycalyx* 生长的影响, 以期为该属植物在滨海盐碱地造林应用提供理论数据。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 在 6 月选取 *Hibiscus dasycalyx* 发育比较一致的当年生枝条进行扦插繁殖育苗。

## 1.2 方法

**1.2.1 NaCl 胁迫处理方法。** 试验采用盆栽法在温室中进行, 于 3 月下旬植株发芽萌动后, 选取生长势比较一致的材料, 称取等质量培养基质 (7 kg/盆), 测定基质含水率, 定植于规格为 35 cm×20 cm 的塑料花盆中, 并置于温室内进行缓苗, 温室采用自然光照及自然温度条件, 水分管理一致。培养基质为泥炭、珍珠岩、园土按 3:1:6 的质量比例混合均匀。5 月下旬植株恢复生长后, 根据盆栽基质的质量设置 0、2、4、6、8 g/kg 5 个 NaCl 胁迫处理水平, 每个处理设 5 次重复, 每个重复 1 盆, 每种材料共计 25 盆。采用结合平衡水分蒸发逐次加入 NaCl (分析纯) 溶液的加盐方式<sup>[2]</sup>, 试验采用完全随机区组设计, 为避免盆内盐分和水分流失, 每个盆下放置托

盘, 盐胁迫期间定期定量浇水, 将浇水时流出的溶液重新倒回盆内。定期清洗托盘内渗出的盐分和基质, 倒回原盆中, 盐胁迫时间 50 d。

**1.2.2 生理指标测定。** 各生理指标叶片相对电导率 (组织液外渗电导法)、丙二醛含量 (硫代巴比妥酸法)、抗氧化酶活性 (氮蓝四唑光化还原法)、游离脯氨酸含量 (茚三酮比色法) 的测定参见中国科学院上海植物生理研究所《现代植物生理学试验指南》<sup>[3]</sup>; 叶片可溶性糖含量 (蒽酮比色法) 的测定参见李合生<sup>[4]</sup>主编的《植物生理生化实验原理和技术》。

**1.2.3  $Na^+$  和  $K^+$  含量测定。** 将称完干质量的植物材料用粉碎机 (FW80 天津市泰斯特仪器有限公司) 分根、茎、叶粉碎, 过孔径 0.5 mm 筛称取干样 0.3 g, 用 1 mol/L HCl 一次浸提后, 置于振荡机 (HY-2, 常州国华电器有限公司) 上振摇 1.5 h, 过滤, 采用火焰光度法<sup>[4]</sup>测定植物体根、茎、叶内的  $Na^+$  和  $K^+$  含量, 并计算出  $K^+/Na^+$  比值。

**1.3 数据分析** 应用方差分析软件 SPSS 16.0 和 Excel 2010 软件进行数据处理, 采用新复极差法 (Duncan 法) 进行多重比较。

## 2 结果与分析

**2.1 叶片相对电导率变化** 盐胁迫条件下, 植物细胞质膜受到盐离子胁迫影响而产生胁迫, 导致质膜受伤, 细胞电质外渗。通常叶片电导率的大小被作为反映细胞质膜透性变化的指标<sup>[5]</sup>。NaCl 胁迫对试验材料叶片相对电导率的影响见图 1, *H. dasycalyx* 叶片相对电导率随盐胁迫浓度的升高呈上升趋势, 4 g/kg 盐胁迫时指标值升高较对照达显著水平, 增幅为对照的 283.61%, 8 g/kg 盐浓度时细胞质膜损伤程度严重, 指标值升高至对照的 1 009.84%。

**2.2 叶片丙二醛含量变化** 丙二醛是细胞膜脂过氧化的产物, 其含量的变化间接反映了膜的受损状况<sup>[6]</sup>。图 2 反映了供试材料叶片丙二醛含量变化情况, 盐胁迫下 *H. dasycalyx* 丙二醛含量显著升高, 高浓度盐胁迫时, 丙二醛含量变化趋

于平缓。丙二醛含量在 2 g/kg 盐浓度时较对照略有升高, 4 g/kg 盐胁迫时显著升高至对照的 136.42%, 随后指标值维持在稳定水平。

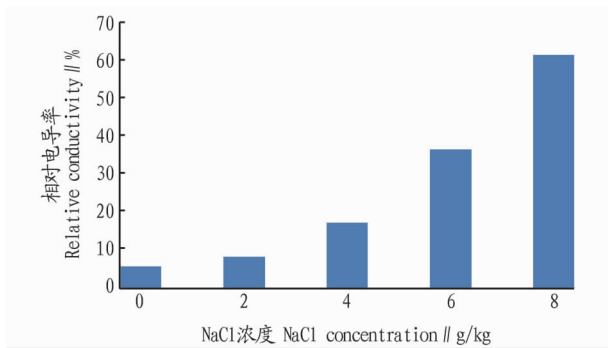


图1 叶片相对电导率变化

Fig.1 Relative conductivity change of leaf

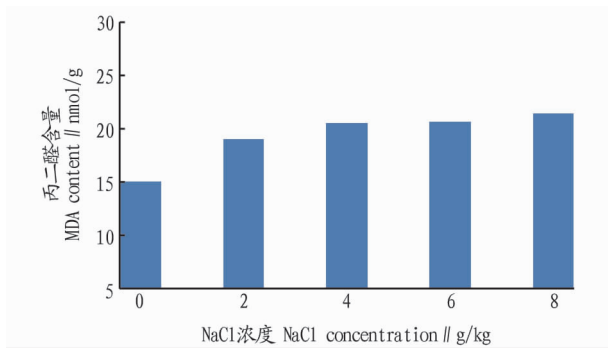


图2 叶片丙二醛含量变化

Fig.2 MDA content change of leaf

**2.3 叶片超氧化物歧化酶活性变化** 超氧化物歧化酶(SOD)是植物体内酶促抗氧化保护系统的重要活性物质,对清除逆境胁迫下植物体内产生的活性氧(AOS)具有重要作用,对维持细胞膜的完整性和保证细胞的正常代谢活动都具有重要意义<sup>[10]</sup>。SOD活性测定结果见图3,方差分析结果表明NaCl胁迫对*H. dasycalyx*的SOD活性影响显著,随盐浓度升高,SOD活性呈先升高后下降的趋势。SOD活性在4 g/kg盐处理水平时显著升高,在6 g/kg盐浓度时达到最大值,较对照升高了13.51%,在8 g/kg盐处理水平时呈下降趋势。

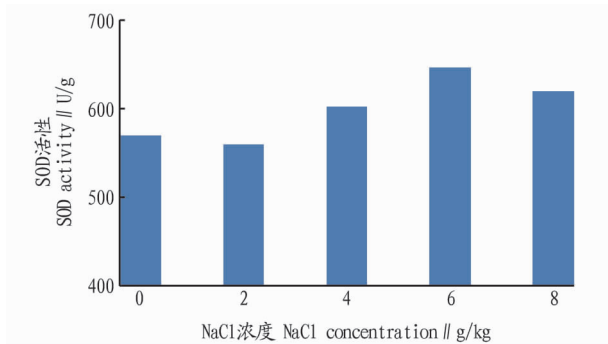


图3 叶片超氧化物歧化酶活性变化

Fig.3 SOD activity of leaf

**2.4 叶片可溶性糖及脯氨酸含量变化** 渗透调节机制是植物抗盐的重要机理<sup>[3]</sup>,无论是盐生植物还是非盐生植物,都是通过从外界吸收盐离子和自身合成有机小分子物质进行

渗透调节,只是不同植物用于渗透调节的无机离子和有机小分子物质的种类和比例不一样<sup>[7]</sup>。可溶性糖及脯氨酸是目前研究较多的2类有机渗透调节剂物质<sup>[8]</sup>。脯氨酸在胁迫条件下易于积累,是植物体抵抗渗透胁迫的有效方式之一;但也有学者认为脯氨酸积累并不代表植物耐盐能力的大小,更宜作为胁迫敏感性指标<sup>[9]</sup>。叶片可溶性糖含量测定结果见图4,低浓度盐胁迫下*H. dasycalyx*指标值有所升高,2 g/kg盐处理水平时指标值升高至最大值,比对照升高了22.52%,随着盐浓度的进一步提高,叶片可溶性糖含量迅速下降,8 g/kg处理水平时指标值下降至对照的74.09%。

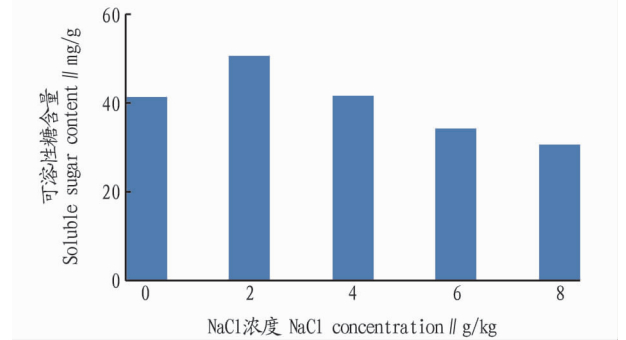


图4 叶片可溶性糖含量变化

Fig.4 Soluble sugar content of leaf

脯氨酸含量变化情况与叶片可溶性糖含量不同,测定结果表明(图5),2 g/kg处理水平时,指标值与对照均无显著变化,4 g/kg盐浓度时显著下降至对照的87.17%,随着盐浓度的提高,指标值变化趋于平缓,维持在与4 g/kg盐浓度时相当水平。

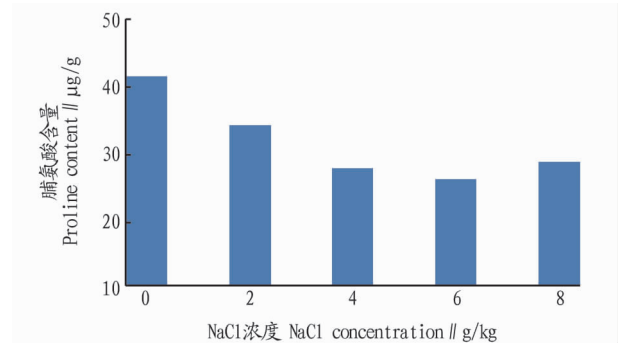


图5 叶片脯氨酸含量变化

Fig.5 Proline content of leaf

**2.5 根茎叶不同器官K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>含量及K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>的变化** 对于非盐生植物来说,盐胁迫条件下过量的Na<sup>+</sup>摄入会对植物产生离子毒害,植物耐盐性与植株地上部对Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>积累的限制力及保持高K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>值的能力有关<sup>[10]</sup>。NaCl胁迫下*H. dasycalyx*根系对K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>的吸收,以及茎、叶中K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>含量变化趋势如表1所示,根系中的K<sup>+</sup>含量均随盐胁迫浓度的提高逐渐降低,茎中的K<sup>+</sup>含量表现为先升高后降低的趋势,K<sup>+</sup>含量在叶片中随盐胁迫浓度的提高而显著升高。根茎叶中的Na<sup>+</sup>含量均随盐胁迫浓度的提高而升高。

### 3 结论与讨论

该研究表明,NaCl胁迫对*H. dasycalyx*材料SOD活性、

表 1 不同浓度 NaCl 胁迫对 *H. dasycalyx* 根茎叶  $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$  含量及  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  的影响

Table 1 Effects of different NaCl concentrations on  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  in roots, stems and leaves of *H. dasycalyx*

器官 Organ	NaCl g/kg	$\text{K}^+$ $\mu\text{g/g}$	$\text{Na}^+$ $\mu\text{g/g}$	$\text{K}^+/\text{Na}^+$
根 Root	0 (CK)	8.34±0.38 ab	1.62±0.21 d	5.20±0.44 a
	2	8.45±0.32 a	2.46±0.28 c	3.46±0.34 b
	4	8.03±0.34 ab	4.72±0.37 b	1.71±0.21 bc
	6	7.72±0.37 b	6.58±0.57 a	1.18±0.08 c
	8	6.37±0.34 c	5.81±0.56 a	1.11±0.14 c
茎 Stem	0 (CK)	4.85±0.29 c	0.45±0.07 e	10.88±1.98 a
	2	6.29±0.46 b	1.11±0.14 d	5.75±1.20 b
	4	9.67±0.48 a	2.84±0.36 c	3.44±0.46 c
	6	9.40±1.04 a	7.13±0.39 a	1.32±0.12 d
	8	6.85±0.47 b	6.13±0.29 b	1.12±0.06 d
叶 Leaf	0 (CK)	10.07±0.48 e	0.37±0.05 d	27.33±4.84 a
	2	12.30±0.33 d	0.43±0.06 d	29.07±4.64 a
	4	14.06±0.76 c	0.78±0.11 c	18.23±2.53 b
	6	18.64±0.36 a	2.55±0.28 b	7.38±0.86 c
	8	16.95±0.47 ab	3.20±0.26 a	5.32±0.59 c

注:同列小写字母不同表示在不同 NaCl 浓度胁迫水平下差异显著 ( $P<0.05$ )

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences of the tested plant organs under the different NaCl stress concentrations ( $P<0.05$ )

细胞膜透性、可溶性糖含量以及根茎叶  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  浓度等生理指标变化的影响均达到显著水平。

*H. dasycalyx* 相对电导率随着盐浓度的提高而急剧升高,4 g/kg 盐胁迫水平时指标值升高,较对照达显著水平,增幅为对照的 283.61%,8 g/kg 盐浓度时会对细胞质膜造成严重损伤。叶片丙二醛含量在中、高浓度盐胁迫下变化不大,维持在与 4 g/kg 盐处理相当的水平上。SOD 活性随盐处理水平升高呈先升高后下降的趋势,4 g/kg 盐处理水平时显著升高,6 g/kg 盐处理水平时达到最大值,8 g/kg 盐处理水平时呈下降趋势。

(上接第 45 页)

- [3] 刘淑婷,佐兆杭,王颖,等.去凝集素芸豆粉降血糖与抗氧化作用[J].中国食品学报,2018,18(12):52-57.
- [4] 段君君,刘青峰,任春元,等.不同栽培模式与密度对芸豆产量及干物质积累的影响[J].作物杂志,2018,34(6):10-115.
- [5] 张连平.早春蔓生菜豆无公害栽培技术[J].福建农业科技,2012(9):38-40.

*H. dasycalyx* 叶片中的可溶性糖及脯氨酸指标值表现出不同的情况。可溶性糖在 2 g/kg 盐处理水平时升高至最大值,随着盐浓度的进一步提高,叶片可溶性糖含量迅速下降。而脯氨酸在 2 g/kg 处理水平时与对照无显著变化,4 g/kg 盐浓度时显著下降,随着盐浓度的提高,指标值变化趋于平缓。

NaCl 胁迫下 *H. dasycalyx* 根系对  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  的吸收,以及茎叶中  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  含量变化趋势不同, $\text{K}^+$  含量均随盐胁迫浓度的提高逐渐降低,茎中的  $\text{K}^+$  含量表现为先升高后降低的趋势, $\text{K}^+$  含量在叶片中随盐胁迫浓度的提高而显著升高。根茎叶中的  $\text{Na}^+$  含量均随盐胁迫浓度的提高而升高。

通过广泛引进、选育优良适生耐盐植物资源,并配套与当地滨海气候、土壤条件特点相适应的绿化造林技术,是促进沿海滩涂资源开发利用的重要技术环节。上述指标的变化证明,*H. dasycalyx* 在 NaCl 胁迫具有一定的抗性,在沿海以及其他土壤盐分以氯化盐为主,土壤含盐量在 6 g/kg 以下的地区具有一定应用价值。

#### 参考文献

- [1] 李秀芬,朱建军,张德顺.木槿属树种应用与研究现状分析[J].上海农业学报,2006,22(2):108-110.
- [2] 芦治国,周冬琴,魏秀君,等.NaCl 胁迫对嫁接木槿生长的影响[J].江苏农业科学,2010(3):241-243,247.
- [3] 中国科学院上海植物生理研究所,上海市植物生理学会.现代植物生理学实验指南[M].北京:科学出版社,1999.
- [4] 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.
- [5] 刘祖祺,张石城.植物抗性生理学[M].北京:中国农业出版社,1993:396-413.
- [6] 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):258-265.
- [7] 赵可夫.植物抗盐生理[M].北京:中国科学技术出版社,1993:22-24.
- [8] 郭艳茹,詹亚光.植物耐盐性生理生化指标的综合评价[J].黑龙江农业科学,2006(1):66-70.
- [9] 廖岩,彭友贵,陈桂珠.植物耐盐性机理研究进展[J].生态学报,2007,27(5):2077-2089.
- [10] 罗辉.玉米幼苗对盐胁迫的响应和适应[J].井冈山师范学院学报(自然科学),2004,25(5):23-28.

- [6] 应芳卿.蔓生菜豆春露地丰产栽培技术[J].现代农业科技,2007(2):32.
- [7] 谭澍,李念祖,彭金波,等.春季露地栽培菜豆品种比较试验[J].长江蔬菜,2016(24):60-62.
- [8] 康锋.菜豆主要病害的发生与防治[J].现代农村科技,2014(17):31.
- [9] 聂楚楚,韩玉珠.中国菜豆育种研究进展[J].长江蔬菜,2011(2):1-5.
- [10] 李锡香,王素.菜豆种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.