

NaCl 胁迫对珊瑚菜叶绿素荧光动力学参数等生理特性的影响

李宏博, 吕德国, 姜水莺, 梁 珊, 朴钟云*

(沈阳农业大学园艺学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要: 采用不同浓度的 NaCl 溶液处理珊瑚菜幼苗, 测定了叶绿素荧光动力学参数、可溶性糖含量、丙二醛含量和三种抗氧化酶活性等相关生理生化指标。结果表明, 除 SOD 活性和丙二醛含量在 100 mmol/L NaCl 溶液处理条件下变化不明显之外, 可溶性糖含量、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性均随着处理浓度的增加而呈明显的先增加后降低趋势; 而反映 PS II 活性中心荧光特性的四个参数: 单位反应中心吸收的光能(ABS/RC)、单位反应中心捕获的用于还原 QA 的能量(TR_0/RC)、单位反应中心捕获的用于电子传递的能量(ET_0/RC)、单位反应中心耗散掉的能量(DI_0/RC)在 100 mmol/L 和 200 mmol/L NaCl 溶液处理条件下的变化均不明显, 在 300 mmol/L NaCl 溶液条件下, 除 ET_0/RC 变化较小外, ABS/RC 、 TR_0/RC 和 DI_0/RC 均呈先增再降趋势。珊瑚菜对 NaCl 胁迫具有一定的适应调节能力。

关键词: 珊瑚菜; NaCl 胁迫; 叶绿素荧光; 生理特性

中图分类号: Q945.79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)06-0239-05

珊瑚菜(*Glehnia littoralis* Fr. Schmidt exMiq.)为伞形科珊瑚菜属多年生草本植物^[1], 其干燥根作为北沙参入药, 具有养阴清肺、祛痰止咳等功效^[2]。野生珊瑚菜主要分布于沿海地区, 对于海岸固沙和盐碱土的改良具有重要作用^[3]。但由于资源破坏和人为采挖过度等多种原因, 野生资源越来越少, 已成为我国重点保护的野生渐危物种植物^[4]。目前, 国内市场流通的北沙参均为人工栽培, 其主要产区为内蒙古赤峰地区。从其野生和栽培环境可以推测, 珊瑚菜具有优良的抗旱耐盐特性。目前对珊瑚菜的研究主要集中在化学成分、药理和栽培技术等方面^[5~8], 关于珊瑚菜的抗旱耐盐生理研究尚未见报道。本文以珊瑚菜幼苗为试材, 研究了水培条件下, NaCl 胁迫对珊瑚菜的 PS II 单位反应中心活性、抗氧化酶、渗透调节物质等变化, 为建立珊瑚菜植物耐盐性评价指标体系, 深入揭示其耐盐机理奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

于 2009 年 10 月在内蒙古赤峰市牛营子村采购当地种植的珊瑚菜种子(当地农家品种)。

1.2 材料培养

试验于 2010 年在沈阳农业大学园艺学院进行。在日光温室中培育珊瑚菜幼苗, 待长至 2 片真叶时选取生长一致的幼苗移入培养室进行溶液培养, 培养室温度 25℃, 相对湿度为 60%。经过一周的预培养, 待有新的须根长出后, 选取长势一致的幼苗开始处理。

1.3 试验处理

NaCl 设置 3 个浓度: 100、200、300 mmol/L 的 1/2 Hoagland 溶液, 以 1/2 Hoagland 溶液为对照。为避免盐冲击, 每天按 50 mmol/L NaCl 浓度梯度递增, 保证不同处理在同一天达到相应的盐浓度, 每个处理 3 次重复。分别在第 1 天、第 3 天、第 5 天和第 7 天进行取样和指标测定。

1.4 测定方法

1.4.1 快速叶绿素荧光诱导动力学参数测定 叶绿素快速荧光诱导参数用植物效率分析仪(Handy PEA Hansatech, 英国)测定并计算。用叶夹夹住叶圆片, 暗适应 20 min, 然后暴露在饱和脉冲光($3\ 000\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)下 1 s, 测定快速叶绿素荧光诱导动力学曲线(O—J—I—P 荧光诱导曲线)。测定在约

收稿日期: 2011-01-10

基金项目: 科技部科技基础性工作专项(2007FY110500-10); 辽宁省沿海地区抗旱耐盐碱优异性状农作物种质资源调查

作者简介: 李宏博(1978—), 男, 讲师, 辽宁阜新人, 主要从事药用植物资源开发与利用研究。

* 通讯作者: 朴钟云, 男, 教授, 研究方向为药用植物栽培与质量评价。E-mail: zypiao@gmail.com。

25℃室温下进行,每个处理测定 5 株。

1.4.2 生理指标的测定 可溶性糖(SS)采用蒽酮比色法测定;SOD 活性测定采用氮蓝四唑(NBT)法;POD 活性采用愈创木酚法测定;CAT 活性采用紫外分光光度比色法;丙二醛(MDA)含量测定用硫代巴比妥酸(TBA)方法测定。每个指标均重复 3 次。

1.5 数据处理及统计分析

实验数据用 Microsoft Excel 和 DPS 软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫过程中珊瑚菜叶片 PS II 活性中心的变化

ABS/RC 、 TR_0/RC 、 ET_0/RC 和 DI_0/RC 属于 PS II 单位反应中心的比活性参数,其中 ABS/RC 反映了单位反应中心吸收的光能, TR_0/RC 反映了单位反应中心捕获的用于还原 QA 的能量, ET_0/RC 反

映了单位反应中心捕获的用于电子传递的能量, DI_0/RC 反映了单位反应中心耗散掉的能量^[9~11]。

如图 1 所示,在 100 mmol/L 和 200 mmol/L NaCl 处理条件下 ABS/RC 、 TR_0/RC 、 ET_0/RC 和 DI_0/RC 变化较小。在 300 mmol/L NaCl 处理条件下,除 ET_0/RC 变化较小外, ABS/RC 、 TR_0/RC 和 DI_0/RC 均呈现先增高后降低趋势。当盐胁迫超过珊瑚菜的调节能力后,会导致叶片部分反应中心失活或裂解,使剩余的有活性的反应中心负担加重,迫使剩余的有活性的反应中心效率提高^[12],即单位反应中心吸收的光能(ABS/RC)、用来还原 QA 的激发能(TR_0/RC)增加,而电子传递的能量(ET_0/RC)不变和热耗散(DI_0/RC)的增加也进一步证明,单位反应中心吸收的光能和用来还原 QA 的激发能的增加是对失活反应中心的补偿性反应,而由于电子传递的受限,过多吸收的光能主要以热量散失掉了。而以热能形式的散失,是植物的一种自我保护机制^[13]。

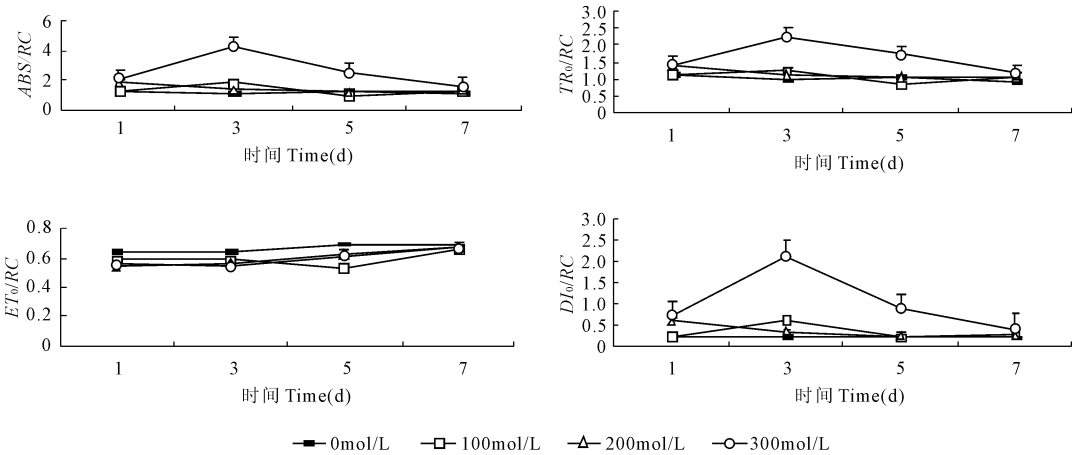


图 1 NaCl 胁迫过程中珊瑚菜叶片 PS II 活性中心的变化

Fig.1 The variation of PSII reaction center after treatment with NaCl in *G. littoralis*

2.2 NaCl 胁迫对珊瑚菜可溶性糖含量的影响

如图 2 所示,整个水培过程中,可溶性糖含量均呈先增后降趋势,各处理组之间的可溶性糖含量均高于对照组,各处理组可溶性糖含量在第 3 天时达到最高值,第 7 天时恢复原有水平。可溶性糖既可以作为物质代谢的底物提供能量,又可以作为植物在盐胁迫下一种重要的渗透调节物质来降低盐胁迫带来的伤害^[14]。

2.3 NaCl 胁迫对珊瑚菜抗氧化酶活性的影响

2.3.1 NaCl 胁迫对珊瑚菜 SOD 活性的影响 在植物的活性氧清除酶系统中,超氧化物歧化酶(SOD)是膜脂过氧化防御系统的主要保护酶,它能催化活性氧发生歧化反应并产生分子氧和过氧化氢,从而

避免植物细胞遭受伤害^[15]。

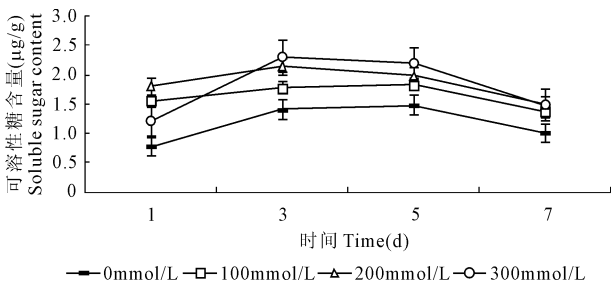


图 2 NaCl 胁迫过程中珊瑚菜可溶性糖含量的变化

Fig.2 The variation of soluble sugar after treatment with NaCl in *G. littoralis*

如图 3 所示,与对照相比,100 mmol/L NaCl 处

理组和对照条件下 SOD 酶活性较低,在整个水培过程中酶活性变化幅度不明显。200 mmol/L NaCl 处理组酶活性在整个处理周期内均维持在较高水平;300 mmol/L NaCl 处理组的 SOD 酶活性呈现明显的先增后降趋势。说明,200 mmol/L NaCl 处理对珊瑚菜具有一定的伤害,需要提高 SOD 酶活性以降低活性氧的含量,但当 NaCl 浓度提高到 300 mmol/L 时,短时间内(1 d 和 3 d)较高浓度 NaCl 导致 SOD 酶失活明显,到第 5 天时 SOD 酶恢复活性并达到最大值,清除活性氧后,第 7d SOD 又恢复到较低水平。

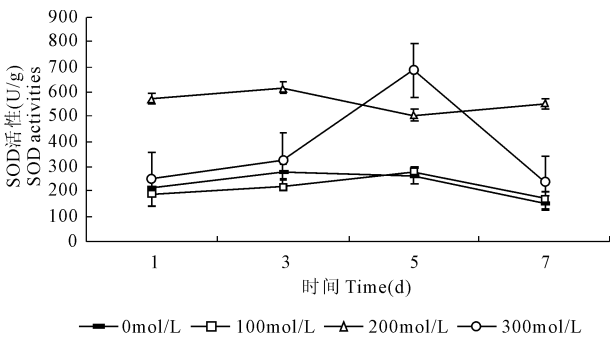


图 3 NaCl 胁迫过程中珊瑚菜 SOD 活性的变化
Fig.3 The variation of SOD after treatment with NaCl in *G. littoralis*

2.3.2 NaCl 胁迫对珊瑚菜 POD 活性的影响 植物中存在大量的过氧化物酶,当植物衰老或是遇到逆境时,过氧化物会将植物组织中的某些碳水化合物转化成木质素,增加木质化程度,从而对植物产生危害^[16]。

如图 4 所示,珊瑚菜在不同 NaCl 浓度下 POD 酶活性不同。对照组中 POD 酶活性增加变化不大;NaCl 胁迫处理条件下 POD 酶活性变化均呈先升后降趋势,第 1 天和第 3 天变化不大,在第 5 天时达到最大值,第 7 天又有所下降,POD 在珊瑚菜抵抗高浓度盐胁迫过程中发挥重要作用。

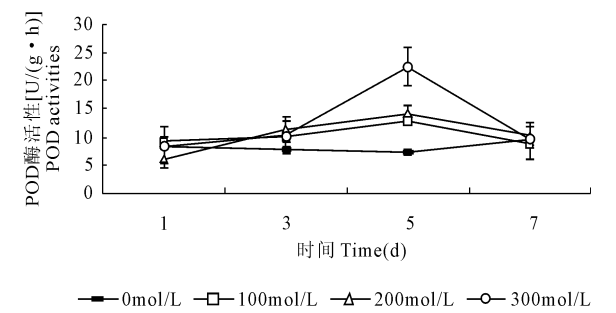


图 4 NaCl 胁迫过程中珊瑚菜 POD 活性的变化
Fig.4 The variation of POD after treatment with NaCl in *G. littoralis*

2.3.3 NaCl 胁迫对珊瑚菜 CAT 活性的影响 过氧化氢酶(CAT)存在于植物组织内的过氧化体中,它的主要作用就是催化 H₂O₂ 分解为 H₂O 与 O₂ 此酶和抗坏血酸过氧化物酶一起为 H₂O₂ 的解毒剂^[17]。

如图 5 所示,对照组中 CAT 酶活性变化趋势平缓。与对照组相比较,100 mmol/L 和 200 mmol/L NaCl 处理的 CAT 酶活性变化趋势相同,均呈先升后降再升高的趋势。CAT 活性受 NaCl 胁迫的影响作用明显。

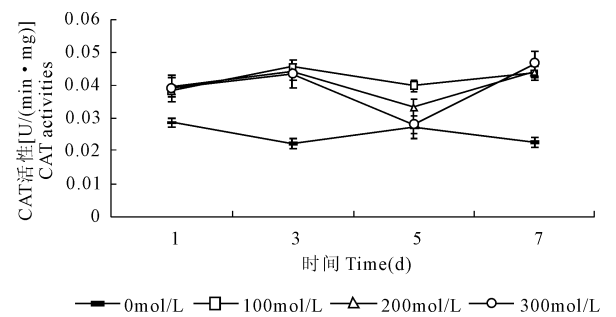


图 5 NaCl 胁迫过程中珊瑚菜 CAT 活性的变化
Fig.5 The variation activity of CAT after treatment with NaCl in *G. littoralis*

2.4 NaCl 胁迫对珊瑚菜丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA)的含量代表植物膜脂过氧化的水平,反映植物受伤害的程度^[18]。

如图 6 所示,对照组和 100 mmol/L NaCl 组中丙二醛含量变化趋势平缓。200 mmol/L 和 300 mmol/L NaCl 处理中 MDA 含量的变化趋势相同,均呈先升高后降低趋势,二者分别在第 5 天和第 3 天时达到最大值,在第 7 天时维持在原有水平。说明盐浓度超过其自身调节能力时,植物体膜质化严重,MDA 含量显著增加,但珊瑚菜对 NaCl 胁迫的自身调节能力较强,使丙二醛的含量又维持在较低水平。很好的反应了盐胁迫对珊瑚菜的影响,表明该植物对盐胁迫具有一定的耐受能力。

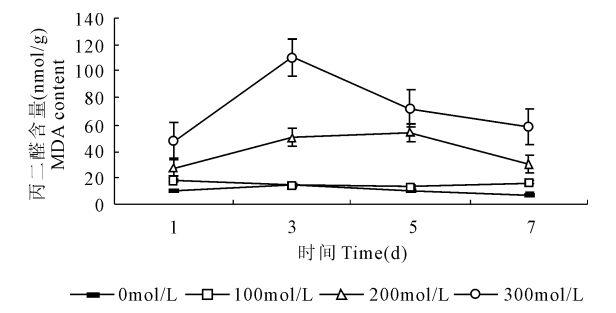


图 6 NaCl 胁迫过程中珊瑚菜丙二醛含量的变化

Fig.6 The variation of MDA after treatment with NaCl in *G. littoralis*

3 讨 论

生长量是植物对盐胁迫反应的综合体现,也是植物耐盐性的直接指标^[19]。本试验中珊瑚菜植株在 100 mmol/L 处理条件下,其生长量外观没有明显变化,而且与对照相比还略有增加。与其他耐盐植物在 NaCl 培养液中产生的生长效应类似。滨藜属的 *Atriplex inflata* 在溶液中含有 0.05 mol/L NaCl 时显示最大生长,而盐角草属的 *Salicornia olivieri* 和 *S. romosissima* 的生长在 2%~3% NaCl 条件下最好^[20]。说明珊瑚菜是一种较好耐盐性植物,具有一定的盐适应能力。

盐胁迫影响植物光合电子传递、光合磷酸化等过程^[21]。本试验中,当 NaCl 处理浓度 200 mmol/L 时,珊瑚菜叶片的单位活性中心活性没有受到明显的伤害,表现出较好的适应能力。而当 NaCl 处理浓度达到 300 mmol/L 时, ABS/RC 、 TR_0/RC 和 DI_0/RC 等指标呈现的先增高再降低趋势表明,珊瑚菜对盐胁迫具有较强调节能力。

可溶性糖作为植物体内重要的渗透调节物质,通过增加渗透调节物质来降低渗透势,避免植物因外界水势低而失水,进而死亡^[21]。本试验中,由先增加后降低的变化趋势和整个处理过程中与对照相比的较高含量,证明可溶性糖在盐胁迫逆境中起到能源物质和渗透调节物质的双重作用。

盐胁迫除了造成植物的渗透胁迫和离子胁迫外,也会产生氧化胁迫^[17]。在本试验中,在较低浓度时(100 mmol/L)时,SOD 酶活性受 NaCl 影响较小,可能通过增加渗透调节物质等机制抵御 Na^+ 带来的伤害,此时未出现活性氧的大量产生,表现为 SOD 酶活性较低。而当 NaCl 浓度达到 200 mmol/L 时,SOD 酶活性迅速增加,植物细胞受 Na^+ 影响较小,使 SOD 酶活性一直维持在较高水平。但当 NaCl 处理浓度达到 300 mmol/L 时 SOD 酶活性变化幅度较大,在第 1 天和第 3 天时酶活性较低可能是由于大量的 Na^+ 涌入,导致膜质过氧化严重,细胞内多种功能受到破坏,生理代谢紊乱,活性氧增加远远超过正常歧化能力,SOD 活性增加的比较缓慢,在第 5 天时,SOD 酶活性增加到最大值,但由于 Na^+ 在体内的大量积累,植物细胞结构和代谢酶的合成等受到进一步的影响,导致 SOD 酶活性在第 7 天进一步降低。另外,可以看到 POD 和 CAT 呈现很好的互补变化趋势,即在盐胁迫处理的第 1 天和第 3 天,珊瑚菜

的 CAT 活性增加明显,而 POD 活性较低;当第 5d CAT 活性降低时,POD 活性增加明显。

盐处理下活性氧的积累破坏可以细胞膜的结构和功能,而 MDA 就是膜脂过氧化的产物,其含量可以在一定程度上反映膜损伤程度的大小^[22]。本试验中,通过丙二醛含量的变化可以看出,珊瑚菜幼苗对 NaCl 胁迫具有一定耐受和调节能力。

总之,外观形态和相关生理生化指标的变化说明,珊瑚菜可以耐受 200 mmol/L 浓度的 NaCl 胁迫。体内的相关渗透调节物质和抗氧化酶是其耐盐机制中重要的组成部分。当珊瑚菜受到较低浓度(100 mmol/L)NaCl 处理时,可溶性糖作为渗透调节物质首先发挥主要调节作用,随着盐浓度和处理时间的增加,抗氧化酶系统逐渐启动,但当 NaCl 浓度超过植物自身调节能力时,植物的光合成分和光合结构等会受到破坏,从而影响植物的生长。

参 考 文 献:

- [1] 谭翠英,王铭伦,田明宝,等. 莱阳沙参资源分布与形态特征的研究[J]. 莱阳农学院学报,1997,14(3):179—180.
- [2] 龚晓健,季 晖,李 萍,等. 沙参提取物镇咳祛痰及免疫增强作用研究[J]. 中国现代应用药杂志,2000,7(4):258—260.
- [3] 王惠清. 中药材产销[M]. 成都:四川科学技术出版社,2007:15—16.
- [4] 傅立国. 中国珍稀濒危植物[M]. 上海:上海教育出版社,1989:355—356.
- [5] 赵 亚,原 忠. 北沙参中一个新香豆素苷[J]. 药学报,2007,42(10):1070—1073.
- [6] 刘永梅,刘 波,王金凤. 北沙参粗多糖的提取及对阴虚小鼠的免疫调节作用[J]. 中国生化药物杂志,2005,26(4):224—225.
- [7] 辛 华,王海霞,刘汉柱. 不同采收期珊瑚菜中香豆素含量的比较研究[J]. 西北植物学报,2009,29(2):379—383.
- [8] 刘顺梅. 牡蛎壳土壤调理剂对北沙参生理生化影响的研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2004.
- [9] 衣艳君,刘家尧. 毛尖紫萼藓 SP II 光化学效率对脱水和复水的响应[J]. 生态学报,2007,27(12):5238—5244.
- [10] Strasser R J, Srivastava A, Govindjee. Polyphasic chlorophyll a fluorescence transients[J]. Photosynth Res, 1997,52:147—155.
- [11] 衣艳君,李芳柏,刘家尧. 尖叶走灯藓叶绿素荧光对复合重金属胁迫的响应[J]. 生态学报,2008,28(12):5437—5444.
- [12] 冯胜利,马富裕,方志刚,等. 水分胁迫对加工番茄光系统 II 的影响[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(1):164—167.
- [13] 张亚宏,孙万仓,魏文慧,等. 自交对甘蓝型油菜叶片 SOD, CAT, APX 活性的影响[J]. 华北农学报,2008,23(1):105—108.
- [14] 张立军,郝建军,刘延吉. 植物生理学[M]. 吉林:吉林科学技术出版社,1999,280.
- [15] Eraslan F, Inal A, Savasturk O, et al. Changes in antioxidative sys-

tem and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity· Scientia Horticulturae, 114,5—10.

[16] 孙卫红,王伟青,孟庆伟.植物抗坏血酸过氧化物酶的作用机制、酶学及分子特性[J].植物生理学通报,2007,41(2):143—147.

[17] 艾力江·麦麦提.NaCl 胁迫下三种胡颓子属植物苗期活性氧清除酶、渗透调节及离子吸收、分配特性研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2008;56.

[18] 王东明,贾 媛,崔继哲.盐胁迫对植物的影响及植物盐适应性研究进展[J].中国农学通报,2009,25(4):124—128.

[19] 赵可夫,范 海.盐生植物及其对盐渍生境的适应生理[M].北京:科学出版社,2005;86.

[20] 许 珍,李鹏民,高辉远,等.玉米不同朝向叶片原初光化学反应用日变化的差异[J].作物学报,2007,33(8):1375—1379.

[21] 刘爱荣,赵可夫.盐胁迫下盐芥渗透调节物质的积累及其渗透调节作用[J].植物生理与分析生物学报,2005,31(4):389—395.

[22] 汤春芳,刘云国,曾光明.镉胁迫对萝卜幼苗活性氧产生、脂质过氧化和抗氧化酶活性的影响[J].植物生理与分子生物学报,2004,30(4):469—474.

The effect of NaCl stress on chlorophyll fluorescence parameters and other physiological characteristics of *Glehnia littoralis*

LI Hong-bo, LV De-guo, JIANG Shui-ying, LIANG Shan, PIAO Zhong-yun*
(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: *Glehnia littoralis* seedlings treated by NaCl solution with different concentrations were studied and chlorophyll fluorescence parameters, soluble sugar content, MDA content and three types of antioxidant enzyme activity were measured. The results showed that, SOD activity and MDA content in the treatment with 100 mmol/L NaCl solution did not change significantly, while the soluble sugar content, peroxidase (POD) and catalase (CAT) activity were significantly increased first and then decreased with the increase of the solution concentration. The four parameters reflecting the fluorescence of PS II activity center: absorption of light energy per active reaction center (ABS/RC), unit of reaction center to capture the energy for the reduction of QA (TR_0/RC), reaction center unit for electronic capture transfer of energy (ET_0/RC), unit of energy dissipated reaction center (DI_0/RC) did not change significantly in the treatments with 100 mmol/L and 200 mmol/L NaCl solutions. ABS/RC , TR_0/RC and the DI_0/RC first increased and then decreased in the treatment with 300 mmol/L NaCl solution except ET_0/RC had little variation. *Glehnia littoralis* had a certain ability to adapt and regulate NaCl stress.

Keywords: *Glehnia littoralis*; NaCl stress; Chlorophyll fluorescence; physiological characteristics