

包学文,李和平,施 钦,等. NaCl 胁迫下木槿嫁接苗及其砧木海滨木槿的生理响应[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):130-134.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.034

NaCl 胁迫下木槿嫁接苗及其砧木海滨木槿的生理响应

包学文¹, 李和平², 施 钦², 华建峰², 芦治国²

(1. 南京森林警察学院, 江苏南京 210023; 2. 江苏省中国科学院植物研究所, 江苏南京 210014)

摘要:采用盆栽浇灌 NaCl 溶液的方法,对 0(CK)、0.3%、0.5%、0.7% NaCl 胁迫下海滨木槿(*Hibiscus hamabo*)和木槿(*Hibiscus syriacus*)嫁接苗(以海滨木槿为砧木)叶片光合、荧光、内源激素、抗氧化酶和养分变化进行研究。结果表明,在 0.5% NaCl 胁迫下,海滨木槿和嫁接木槿均能有效维持光合作用,保持光反应中心正常能量转化;在 0.7% NaCl 胁迫下,海滨木槿、嫁接木槿的最大光化学效率显著降低,光合速率分别下降 24.7%、83.8%,且 2 种植物叶片中的氮、磷浓度显著低于 CK。海滨木槿和嫁接木槿通过保持相对较高的酶促抗氧化剂活性清除活性氧。NaCl 胁迫 30 d 后,海滨木槿和嫁接木槿均成活,且嫁接木槿在株高增长率方面优于海滨木槿,表明以海滨木槿为砧木缓解了 NaCl 胁迫对嫁接木槿的影响,提高了其耐盐性,在滨海盐碱地的植被恢复以及生态改良过程中有较大的应用潜力。

关键词:海滨木槿;嫁接木槿;NaCl 胁迫;耐盐性

中图分类号: Q945.78;S718.43

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2018)24-0130-04

我国约有 0.2 亿 hm^2 盐碱地,主要分布在西北、华北、东北内陆和沿海地区^[1]。在盐碱土中,土壤渗透压较大,土壤通气性、透水性差,表层土壤养分有效性通常较低,因此盐碱地区植物的生长和发育受到较大影响。据报道,我国华东沿海地区滩涂土壤表层剖面含盐量以氯化物为主,整体含盐量较高,超过常规绿化树种的生长极限(低于 0.3%)^[2]。随着沿海开发国家战略的实施,盐碱地区的植物绿化建设越来越受到重视。作为绿化建设的重要途径,筛选适生的耐盐绿化植物不仅能帮助人们科学地恢复植被,更能最大程度地发挥盐碱地区的生态和经济效益。

海滨木槿(*Hibiscus hamabo*)为木槿属(*Hibiscus*)落叶树种,树高可达 4~5 m,原产于浙江、福建和广东沿海的部分地区。该树种根系发达,具有耐盐、抗风和抗旱等特点。木槿(*H. syriacus*)同为木槿属树种,相比于海滨木槿,木槿因其较高的园艺观赏、药用和食用价值在热带和亚热带地区应用颇为广泛。在设施栽培中,通过异根嫁接可有效提高接穗的产量和品质,如以葫芦(*Lagenaria siceraria*)为砧木嫁接西瓜(*Citrullus lanatus*)可解决土壤盐害导致的西瓜减产^[3];以南瓜(*Cucurbita moschata*)为砧木嫁接黄瓜(*C. sativus*)可有效提高黄瓜的耐盐性进而提高产量^[4]。已有研究表明,以海滨木槿为砧木对木槿进行嫁接,嫁接亲和力很强且植株生长良好^[5]。因此,引种不同用途的木槿,并以海滨木槿为砧木进行嫁接,同时开展耐盐试验测定和容器育苗技术等研究,扩大木槿适栽区域并形成规模化生产能力,能在很大程度上丰富

沿海绿化的树木种类及品种,为沿海产业带生态环境建设提供必要的技术保障措施。

前期海滨木槿和嫁接木槿耐盐试验在生长以及 Na^+ 、 K^+ 分布等方面已有研究^[6-7],因此本试验选择海滨木槿并以海滨木槿为砧木的嫁接木槿,研究不同程度盐胁迫下其光合、叶绿素荧光、内源激素、酶系统和养分等的变化,为进一步研究嫁接木槿在盐胁迫下的响应提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 材料和试验设计

供试海滨木槿和木槿来源于南京中山植物园试验苗圃,其中海滨木槿为一年生扦插苗,木槿枝条采自白花木槿(*H. syriacus* ‘Notwood’)。2016 年 5 月进行木槿嫁接,砧木采用海滨木槿,每株海滨木槿上嫁接 1 个木槿插穗,栽培基质由黄土、泥炭土、珍珠岩按体积比 5:1:1 混合而成,每盆(直径 25 cm、高度 35 cm)1 株,嫁接完成后将木槿嫁接苗与海滨木槿一起置于自然光照下并每周充分灌溉 2 次,前期适应 4 个月。

2016 年 9 月选取生长良好、长势均匀的植株移放至温室开始进行 NaCl 胁迫处理。设置 0(CK, 自来水)、0.3%、0.5%、0.7% NaCl 溶液浇灌基质处理,每天 16:00 浇 1 次,每盆浇 100 mL。为防止 NaCl 胁迫下的应激效应,前 3 次浇灌先用各处理 1/2 浓度的对应 NaCl 溶液浇灌,随后正式开始试验,共连续浇灌 30 d。试验采用随机排列,每个处理 4 次重复。

1.2 指标测定

在试验第 30 天的 09:30—11:00,选择受光方向一致、位于枝条中间且大小相同的叶片,用 Li-6400 光合系统(Li-Cor, 美国)测定其光合参数。以红蓝光为光源,光照度为 $1\,000\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,叶室 CO_2 浓度为 $380\ \mu\text{mol}/\text{mol}$ 。用仪器同步记录净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)。随后,利用 PAM-2100 调制式叶绿素荧光仪测定经

收稿日期:2017-08-17

基金项目:江苏省林业三新工程(编号:lyss[2016]53);浙江省宁波市科技富民项目(编号:2015C10028)。

作者简介:包学文(1968—),男,内蒙古赤峰人,副教授,主要从事植物资源与生态环境研究。Tel:(025)84347059;E-mail:280102647@qq.com。

通信作者:芦治国,硕士,高级实验师,主要从事植物资源与生态环境研究。Tel:(025)84347066;E-mail:513576906@qq.com。

0.5 h 暗适应后每个处理植株叶片叶绿素荧光参数,首先测定初始荧光(F_0)和饱和脉冲光[6 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]下的最大荧光(F_m),之后持续利用 500 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光照度照射叶片,得到稳态荧光 F_s ,再用 0.7 s 的饱和脉冲照射得到光下最大荧光 F'_m ,然后关闭饱和光源,加远红光测量光下初始荧光 F'_0 。计算以下参数:光合系统II最大光化学效率 $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$;光化学量子产额 $\Phi_{\text{PSII}} = (F'_m - F_s)/F'_m$;非光化学淬灭系数 $\text{NPQ} = (F_m - F'_m)/F'_m$ 。测定结束后采样编号并包入锡箔纸,放入液氮中迅速冷冻,然后保存于 -80°C 超低温冰箱中。

内源激素脱落酸(ABA)和生长素(IAA)的测定采用酶联免疫吸附法。称取 0.5 g 样品用 5 mL 80% 甲醇提取,4 $^\circ\text{C}$ 、10 000 r/min 离心 10 min,上清液过 C_{18} 柱后取 50 μL 样液,按照说明书进行操作,试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。参照汤章城的方法,抗坏血酸(ASA)含量采用草酸-EDTA(乙二胺四乙酸)比色法测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定采用氮蓝四唑光还原法;过氧化物酶(POD)活性的测定采用愈创木酚法,过氧化氢酶(CAT)活性的测定采用紫外分光光度法^[8]。

在第 30 天完成测定和采样后,测定所有植株株高,然后收获并分成茎和叶 2 部分,采用烘干法测定各部分干物质质量。株高相对增长率 = (试验后株高 - 试验前株高)/试验前株高 $\times 100\%$ 。最后,采用 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 法消煮,称取粉碎的叶片干样 0.1 g,加入 5 mL 浓硫酸放置过夜后消煮,消煮液中全氮(TN)含量测定采用凯氏定氮法,全磷(TP)含量测定采用钼锑抗比色法^[9]。

1.3 数据处理

通过 SPSS 19.0 对海滨木槿以及嫁接木槿各个处理间的数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA),采用 Duncan's 法($P < 0.05$)进行多重比较。作图软件采用 Origin Pro 9.1。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫下光合荧光的变化

NaCl 胁迫第 30 天,海滨木槿和嫁接木槿都存活,但是不同浓度处理下的光合和荧光特性有所差异。从表 1 可以看出,0.3%、0.5% NaCl 胁迫对于海滨木槿以及嫁接木槿的 P_n 、 G_s 、 T_r 并没有明显影响,但是在 0.7% NaCl 胁迫下,所有参数都显著($P < 0.05$)降低。相对于海滨木槿,嫁接木槿的 P_n 在 0.7% NaCl 胁迫下被抑制程度大于海滨木槿,相比 CK 降低 62.37%。因此,在 0.5% NaCl 胁迫下,海滨木槿和嫁接木槿均能有效维持叶片光合作用的功能,而在高浓度 NaCl 胁迫(0.7%)下 2 种植物的光合作用都受到抑制。

F_v/F_m 值能反映植物的潜在最大光合能力, Φ_{PSII} 同时反映在光照下 PS II 反应中心部分关闭情况下的实际光化学效率。NaCl 胁迫过程中植物 F_v/F_m 和 Φ_{PSII} 变化如表 2 所示。在盐胁迫处理第 30 天,0.3%、0.5% NaCl 胁迫下海滨木槿及嫁接木槿的 F_v/F_m 相比于 CK 均没有显著差异。而在 0.7% NaCl 胁迫下,海滨木槿 F_v/F_m 、 Φ_{PSII} 相比于 CK 分别显著降低 12.5%、12.2%,嫁接木槿的 F_v/F_m 、 Φ_{PSII} 相比于 CK 分别显著降低 16.9%、10.5%。与 F_v/F_m 和 Φ_{PSII} 变化趋势相反,在

0.7% NaCl 胁迫下海滨木槿、嫁接木槿的 NPQ 相比于 CK 分别显著增加 16.7%、11.1%。

表 1 不同浓度 NaCl 胁迫下海滨木槿和嫁接木槿叶片光合参数变化

植物	NaCl 浓度 (%)	P_n [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	G_s [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	T_r [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
海滨木槿	0(CK)	12.1 \pm 0.4a	127.0 \pm 7.9a	3.5 \pm 0.3a
	0.3	11.3 \pm 0.7a	118.0 \pm 7.3a	3.3 \pm 0.2a
	0.5	11.2 \pm 0.4a	120.0 \pm 5.8a	3.3 \pm 0.4a
	0.7	9.1 \pm 0.5b	101.0 \pm 6.3b	2.1 \pm 0.2b
嫁接木槿	0(CK)	9.3 \pm 0.3a	122.0 \pm 9.6a	2.3 \pm 0.4a
	0.3	9.0 \pm 0.4a	110.0 \pm 6.3b	2.1 \pm 0.2a
	0.5	8.5 \pm 0.3a	115.0 \pm 6.0b	2.4 \pm 0.3a
	0.7	3.5 \pm 0.2b	55.7 \pm 7.8c	0.5 \pm 0.0b

注:数值为平均值 \pm 标准差, $n = 4$; 同列数据后不同小写字母表示同一植物在不同浓度 NaCl 处理间差异显著($P < 0.05$)。下表同。

表 2 不同浓度 NaCl 胁迫下海滨木槿和嫁接木槿叶片荧光参数变化

植物	NaCl 浓度 (%)	F_v/F_m	Φ_{PSII}	NPQ
海滨木槿	0(CK)	0.80 \pm 0.03a	0.82 \pm 0.1a	1.38 \pm 0.3b
	0.3	0.77 \pm 0.02a	0.82 \pm 0.1a	1.39 \pm 0.2b
	0.5	0.78 \pm 0.03a	0.80 \pm 0.2a	1.44 \pm 0.2b
	0.7	0.70 \pm 0.02b	0.72 \pm 0.2b	1.61 \pm 0.3a
嫁接木槿	0(CK)	0.83 \pm 0.04a	0.76 \pm 0.1a	1.26 \pm 0.2b
	0.3	0.83 \pm 0.05a	0.76 \pm 0.1a	1.30 \pm 0.2b
	0.5	0.79 \pm 0.04a	0.72 \pm 0.1a	1.29 \pm 0.3b
	0.7	0.69 \pm 0.05b	0.68 \pm 0.1b	1.40 \pm 0.0a

2.2 NaCl 胁迫下叶片养分的变化

NaCl 胁迫对海滨木槿和嫁接木槿叶片养分的影响见图 1。海滨木槿经过近 30 d 的胁迫,相比于 CK 只有 0.7% NaCl 处理下 TN 含量显著降低 41.0% ($P < 0.05$)。而嫁接木槿在 0.7% NaCl 胁迫下,叶片 TN、TP 含量与 CK 相比分别降低 30.2%、39.0% ($P < 0.05$)。0.3% NaCl 胁迫对 2 种植物的叶片 TN 和 TP 含量均没有影响。

2.3 NaCl 胁迫下内源激素含量和抗氧化酶活性的变化

经过近 30 d 的胁迫,嫁接木槿各个处理间的株高增长率并没有表现出显著差异,平均维持在 2.6%,而海滨木槿平均增长率为 1.9%,其中 0.7% NaCl 胁迫下的株高增长率显著降低,仅为 CK 的 68.2% (表 3),可见嫁接木槿在 NaCl 胁迫下生长速率并未受到较大影响,在生长方面有较大的耐盐胁迫潜力。不同浓度 NaCl 胁迫对 2 种植物内源激素含量的影响各不相同,总体看来,海滨木槿和嫁接木槿 ABA 含量随着 NaCl 浓度的提高表现为上升趋势,且在 0.7% NaCl 胁迫下显著高于 CK。IAA 在海滨木槿内的含量在 0.3% NaCl 胁迫时最低,为 15.4 ng/g,在 0.5% NaCl 胁迫时最高,为 52.5 ng/g;在 0.7% NaCl 胁迫下 IAA 含量和 CK 持平。相反,IAA 在嫁接木槿中的含量最高时为 92.2 ng/g,此时的 NaCl 胁迫浓度为 0.3%,而其余 NaCl 浓度下 IAA 含量均没有显著差异。

由表 4 可知,在 0.3%、0.5% NaCl 胁迫下海滨木槿和嫁接木槿叶片 POD、CAT 活性均没有显著变化,而在 0.7% 浓度下(除嫁接木槿 CAT 活性外)均显著大于 CK 组,说明低浓度 NaCl 并未影响 2 种植物的抗氧化酶系统,而高浓度下 2 种植

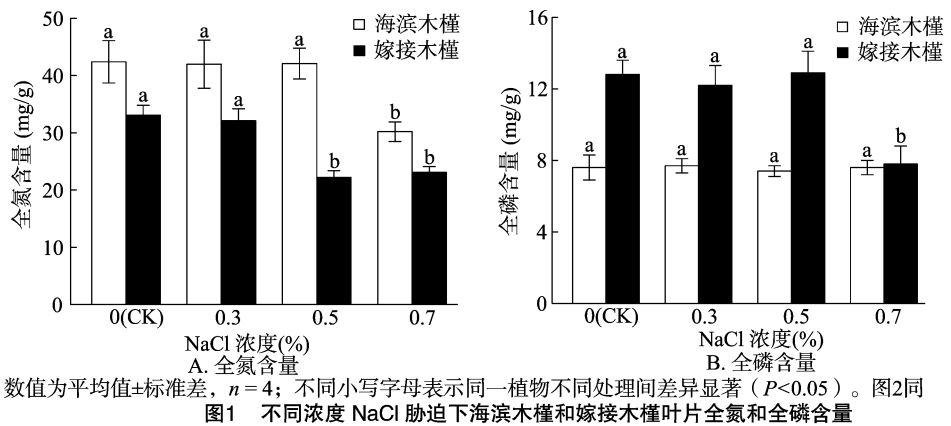


表 3 不同浓度 NaCl 胁迫下海滨木槿和嫁接木槿 内源激素和株高增长率变化				
植物	NaCl 浓度 (%)	株高增长率 (%)	ABA 含量 (ng/g)	IAA 含量 (ng/g)
海滨木槿	0 (CK)	2.2 ± 0.3a	75.6 ± 5.4b	31.8 ± 2.6b
	0.3	2.1 ± 0.2a	80.1 ± 3.3ab	15.4 ± 3.6c
	0.5	2.2 ± 0.3a	79.2 ± 4.4ab	52.5 ± 6.2a
	0.7	1.5 ± 0.2b	84.7 ± 3.9a	30.4 ± 2.4b
嫁接木槿	0 (CK)	2.7 ± 0.2a	25.4 ± 3.7c	82.0 ± 7.8b
	0.3	2.7 ± 0.3a	27.4 ± 6.3c	92.2 ± 5.8a
	0.5	2.7 ± 0.2a	34.6 ± 1.3b	81.5 ± 9.1b
	0.7	2.5 ± 0.2a	45.8 ± 3.3a	79.4 ± 2.9b

物的保护酶系统发挥作用,能较大程度清除细胞膜中的过氧化物质。与 SOD、POD 和 CAT 不同,ASA 是非酶促活性氧清除剂,在 0.3%、0.5% NaCl 处理时,ASA 在 2 种植物内的变化趋势一致,与 CK 相比均显著上升,不同的是,在 0.7% NaCl 胁迫下,海滨木槿 ASA 活性较 CK 增长 78.5% ($P<0.05$),而嫁接木槿较 CK 却降低 34.6% ($P<0.05$)。上述变化表明,在 0.3%、0.5% NaCl 胁迫下海滨木槿和嫁接木槿叶片酶促抗氧化剂能保持稳定,在 0.7% NaCl 胁迫下嫁接木槿酶活性变化与海滨木槿一致,酶活性升高抵御氧化胁迫,但是嫁接木槿在非酶促抗氧化系统方面,相比于海滨木槿还有待进一步提升。

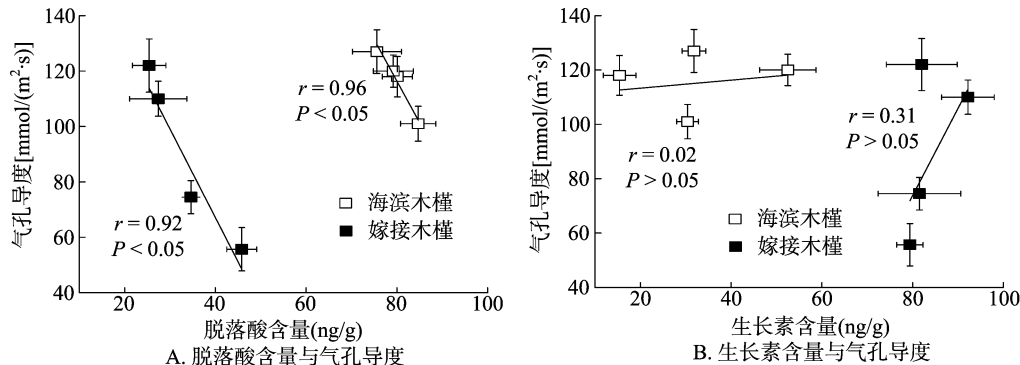
表 4 不同浓度 NaCl 胁迫下海滨木槿和嫁接木槿抗氧化酶活性与 ASA 含量的变化

植物	NaCl 浓度 (%)	SOD 活性 (U/g)	POD 活性 (U/g)	CAT 活性 (U/g)	ASA 含量 (mg/g)
海滨木槿	0 (CK)	275.6 ± 5.9b	298.5 ± 5.6b	79.3 ± 4.2b	32.1 ± 2.2c
	0.3	280.1 ± 6.3b	276.3 ± 11.8b	82.3 ± 4.9b	42.2 ± 4.3b
	0.5	288.2 ± 8.2b	298.1 ± 3.9b	88.3 ± 9.7b	43.2 ± 3.7b
	0.7	326.8 ± 3.9a	330.9 ± 5.6a	103.5 ± 6.9a	57.3 ± 5.5a
嫁接木槿	0 (CK)	323.4 ± 13b	388.6 ± 9.6b	52.6 ± 3.2a	26.3 ± 3.2b
	0.3	338.4 ± 10b	392.5 ± 7.4b	55.1 ± 4.0a	33.4 ± 4.0a
	0.5	359.6 ± 9.5a	387.5 ± 18b	57.3 ± 4.1a	35.4 ± 4.1a
	0.7	355.8 ± 3.3a	455.6 ± 23a	57.3 ± 2.1a	17.2 ± 2.1c

2.4 气孔导度与内源激素含量的相关性分析

2 种植物的 G_s 和 ABA 以及 IAA 含量的相关性分析如图 2 所示。海滨木槿和嫁接木槿的 G_s 与 ABA 含量均呈显著负

相关($P<0.05$),表明气孔导度随着 ABA 含量的增加而减少。而 G_s 与 IAA 的相关分析表明,气孔导度与 IAA 含量均没有显著相关性(图 2)。



3 讨论与结论

植物的正常生长发育在盐胁迫下受到影响,这种伤害作用在植物各种生理生化活动中表现出来,其中最直观的就是生长情况。在本试验中 3 个 NaCl 浓度下,胁迫第 30 天海滨木槿和嫁接木槿并没有死亡,其中嫁接木槿的株高增长率平均维持在 2.6%,而海滨木槿平均株高增长率为 1.9%,可见嫁接木槿在 NaCl 胁迫下生长速率并未受到较大影响。王秀丽等的研究表明,在 12 月份落叶期,经过 400 mmol/L NaCl 处理近 30 d,海滨木槿存活率为 100%,而木槿则全部死亡^[10]。因此,本试验短期高浓度盐胁迫表明,以海滨木槿为砧木嫁接木槿,木槿耐盐性得到提高,这与芦治国等的研究结果^[6]一致。

光合是植物生长的基础,耐盐植物的主要特征之一就是盐胁迫下维持正常的 P_n 。但是植物的光系统 II 反应中心的活性在盐胁迫下比较脆弱,是盐胁迫影响植物光合作用的关键部位^[11]。在正常生理状态下,植物叶片叶绿素吸收的光能主要通过光合作用、叶绿素荧光和热耗散 3 种途径消耗掉,这 3 种途径变化共同构成了植物整个完整的光合系统。在 0.3%、0.5% NaCl 胁迫下,海滨木槿和嫁接木槿的 P_n 均保持在 CK 水平,同时最大光化学效率维持稳定,可见光反应中心的光能捕获情况未受到影响。在 0.7% NaCl 胁迫下,嫁接木槿的 P_n 、 G_s 、 T_r 显著降低,此时嫁接木槿气孔关闭,蒸腾作用减缓,碳同化过程受到影响,最大光化学效率显著降低,叶片类囊体中的三磷酸腺苷(ATP)和还原性辅酶(NADPH)等同化力在努力维持光合效率。此时 2 种植物的光合作用都受到抑制,同时植物热耗散增加。2 种植物的光系统 II 反应中心部分关闭,上游电子传递情况受到阻碍。盐胁迫下植物气孔关闭的原因较多,一般认为渗透胁迫可能引起水势及气孔导度降低,限制 CO_2 同化。相关分析表明,NaCl 胁迫下海滨木槿和嫁接木槿的气孔开放程度与 ABA 含量呈显著负相关,与 IAA 含量没有显著相关性。因此本试验中高浓度 NaCl 胁迫引起海滨木槿和嫁接木槿中的渗透胁迫,进而导致气孔部分关闭,植物内源激素 ABA 与细胞上的激素受体结合,在细胞代谢和信号传导层面发挥作用^[12]。

在盐碱土中,土壤基本理化性质失衡导致植物所需的必要元素(N 和 P 等)因淋溶或分配不均等原因流失,最后养分变得极其匮乏。不仅如此,大量的 Na^+ 、 Cl^- 与 NH_4^+ 、 NO_3^- 竞争,在造成离子毒性的同时也会造成养分短缺^[13]。本研究表明,在 0.7% NaCl 胁迫下,海滨木槿和嫁接木槿叶片中的 N 和 P 浓度显著降低,这一方面可能与高浓度 NaCl 浇灌导致盆中养分有效性显著降低有关,另一方面在于植株维持光合能力将光能转变为化学能过程中消耗了 ATP,而 ATP 的产生依赖于相关含 N 和 P 的合成酶^[14]。0.3% NaCl 胁迫对 2 种植物的叶片 TN 和 TP 含量均没有影响,但是长期盐胁迫下海滨木槿和嫁接木槿叶片养分浓度变化有待进一步验证。

除了降低养分的生物有效性,盐胁迫也会激起植物体内防御活性氧毒害的保护机制(酶促抗氧化保护系统和非酶促抗氧化保护系统),它们共同在清除氧自由基以及减少羟基自由基形成等方面起着重要作用^[15]。有关盐胁迫下 SOD、POD、CAT 在海滨木槿以及嫁接木槿中的表达已有报

道^[16-18]。耐盐品种比盐敏感品种具有较高的保护酶活性。本研究表明,在 NaCl 胁迫下,海滨木槿和嫁接木槿在抗氧化适应性方面类似,通过保持相对较高的 SOD、POD、CAT 活性清除高浓度 NaCl 胁迫下活性氧,降低膜系统受害程度。ASA 作为非酶促抗氧化保护系统的重要组成部分,在 0.3%、0.5% NaCl 盐胁迫下都显著积累。可见,ASA 与其他同工酶抗氧化剂共同调节着 2 种植物细胞内的活性氧水平。但是在 0.7% NaCl 胁迫下,嫁接木槿叶片内 ASA 活性显著降低,表明海滨木槿非酶促抗氧化系统比嫁接木槿稳定。ASA 也是一些关键性酶的反应底物,与植物内源激素一起维持细胞正常的分裂和生长,在植物对环境胁迫响应的过程中起着重要作用^[19]。上述气孔研究结果显示,相比于 IAA,ABA 更能作为胞间信号从根系传递至叶片,开启相关离子通道^[20-22],而相关的通路挖掘需要后续通过分子生物学研究证明。

综上所述,海滨木槿和嫁接木槿都不同程度地受到 NaCl 胁迫的影响,尤其是在 0.7% NaCl 胁迫下,表现为植物叶片气孔关闭,蒸腾作用降低,光合能力减弱,N 和 P 的吸收受到一定影响。同时盐胁迫也引发了植物体内的非酶促抗氧化系统,并与内源激素一起维持细胞内生理生化活动的稳定。总体而言,以海滨木槿为砧木嫁接木槿可在一定程度上提高嫁接木槿的耐盐性,嫁接木槿在株高增长率方面优于海滨木槿。后续可以通过以不同抗性的海滨木槿为砧木,嫁接更多木槿栽培品种和变型,可进一步丰富木槿的园艺观赏、药用和食用价值。

参考文献:

- [1] 姜涛,霍秀文,王淑英,等. NaCl 胁迫对黄瓜嫁接苗耐盐性的影响[J]. 华北农学报,2008,23(2):34-37.
- [2] 方明,陈邦本,胡容卿,等. 江苏省海涂土壤的盐渍生态特征[J]. 土壤学报,1990(3):335-342.
- [3] 朱士农. 盐胁迫下西瓜嫁接苗的生理响应及其耐盐机制的研究[D]. 南京:南京农业大学,2011.
- [4] 张红梅,金海军,余纪柱,等. 不同南瓜砧木对嫁接黄瓜生长和果实品质的影响[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2007,28(3):177-181.
- [5] 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.
- [6] 芦治国,殷云龙,於朝广,等. NaCl 胁迫条件下木槿嫁接苗和扦插苗及其砧木海滨木槿的生理差异[J]. 植物资源与环境学报,2011,20(4):49-57.
- [7] 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.
- [8] 汤章城. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京:科学出版社,1983.
- [10] 王秀丽,张获,刘红梅,等. 海滨木槿耐盐性的初步研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2010,28(3):248-254.
- [11] 张会慧,张秀丽,胡彦波,等. 碱性盐胁迫对桑树幼苗叶片叶绿素荧光和激发能分配的影响[J]. 经济林研究,2012,30(1):6-12.
- [12] Yoshida T, Mogami J, Yamaguchi - Shinozaki K. ABA - dependent and ABA - independent signaling in response to osmotic stress in

伍会萍,丁振杰,倪细炉. NaCl 胁迫对长苞香蒲和芦苇生长及光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):134-138.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.035

NaCl 胁迫对长苞香蒲和芦苇生长及光合特性的影响

伍会萍^{1,2}, 丁振杰^{1,2}, 倪细炉²

(1. 宁夏林业研究院种苗生物工程国家重点实验室, 宁夏银川 750004;

2. 宁夏银川城市森林生态系统国家定位观测研究站, 宁夏银川 750004)

摘要:选择 2 种水生植物(长苞香蒲、芦苇)作为材料进行盆栽试验,用不同浓度(100、200、300 mmol/L)的 NaCl 对 2 种植物幼苗进行盐胁迫处理,以自来水培养的植物作为对照,研究不同浓度的 NaCl 对 2 种水生植物生物量、光合等生理生化指标的影响。结果表明,在相同 NaCl 浓度胁迫下,2 种植物的生长量均随着时间的延长而增加;在不同 NaCl 浓度胁迫下,长苞香蒲、芦苇的生长量随着盐浓度的升高而呈现下降趋势。2 种植物的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性随着盐胁迫浓度的增加而降低;2 种植物的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度都随着盐浓度的升高而降低,且整体上随着胁迫时间的延长呈先增加后降低的趋势。在不同盐胁迫时间和盐胁迫强度下,芦苇的光合生理指标整体上高于长苞香蒲。2 种植物的丙二醛(MDA)含量随着盐胁迫浓度的增大而提高,在对照条件下,芦苇的丙二醛含量较高,而在盐胁迫下,香蒲的丙二醛含量高于芦苇。总体来看,芦苇的耐盐性高于长苞香蒲。

关键词:芦苇;长苞香蒲;盐胁迫;光合作用;生长特性;光合特性;宁夏

中图分类号: S432.3⁺1;S184 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0134-05

宁夏拥有的各类湿地资源有 25.6 万 hm², 占宁夏总面积的 4.9%, 比全国平均水平高 1.2 百分点^[1]。这些湿地主要分布在黄河、艾依河、清水河两侧和腾格里沙漠、毛乌苏沙漠边缘,它们在维持生态平衡、保持生物多样性和珍稀物种资源以及涵养水源、蓄洪防旱、降解污染、调节气候、控制土壤侵蚀等方面均起到重要作用^[2]。水生植物作为湿地生态系统中的生产者,一方面为湿地生态系统提供能量和有机物质,另一

方面其枯萎后的分解产物又为湿地提供了养分^[3-5]。对于植物盐碱胁迫下光合作用及抗盐机制的研究大多集中在农作物或拟南芥等模式植物上^[6-8],而较少考虑到盐胁迫对湿地水生植物的影响,这对于了解湿地水生植物在盐混合胁迫时的生理响应是不完备的。同时,对于盐碱化湿地的保护和生态修复也缺乏充实的资料支持。因此,开展水生植物对湿地盐碱化生理响应的研究显得尤为重要,也有助于更好地促进生态系统发展的可持续性。

盐浓度对于植物体的影响程度也不相同,在对拟南芥盐胁迫的研究中发现,盐分抑制了拟南芥根系对大量元素的吸收,从而影响植物的营养供给^[9]。长苞香蒲为香蒲科香蒲属多年生挺水植物,喜光照,适应性强,耐盐性较好^[10]。芦苇属禾本科芦苇属,也是水体绿化中常用的水生植物,根据生理类型划分,芦苇属于聚盐植物,根据生态类型划分,芦苇属于水生盐生植物^[11]。本研究通过分析芦苇、香蒲在盐胁迫后生理生化特性的变化,探讨这 2 种水生植物的耐盐机制。

收稿日期:2017-08-10

基金项目:国家国际科技合作专项(编号:2015DFA90900);国家自然科学基金(编号:31660045);中国博士后基金(编号:2016M602629);宁夏自然科学基金(编号:NZ15221)。

作者简介:伍会萍(1989—),女,宁夏固原人,工程师,主要从事逆境植物生理学研究。Tel: (0951) 5667116; E-mail: 2280583022@qq.com。

通信作者:倪细炉,博士,副研究员,主要从事逆境植物生理学研究。E-mail: nixilu110@163.com。

- plants[J]. Current Opinion in Plant Biology,2014,21:133-139.
- [13] Wang H, Zhang M S, Guo R, et al. Effects of salt stress on ion balance and nitrogen metabolism of old and young leaves in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. BMC Plant Biology,2012,12:194.
- [14] Murtaza B, Murtaza G, Sabir M, et al. Nitrogen management in rice-wheat cropping system in salt-affected soils [J]. Soil Science: Agricultural and Environmental Prospectives,2016:67-89.
- [15] 张梦如,杨玉梅,成蕴秀,等. 植物活性氧的产生及其作用和危害[J]. 西北植物学报,2014,34(9):1916-1926.
- [16] 周和锋,李会欣,邵学新,等. 不同盐度水淹胁迫对海滨木槿生理特性的影响[J]. 浙江林业科技,2013,33(6):41-45.
- [17] 薄鹏飞,孙秀玲,孙同虎,等. NaCl 胁迫对海滨木槿抗氧化系统和渗透调节的影响[J]. 西北植物学报,2008,28(1):113-118.
- [18] 商宏艳,张士花,杜希华. 不同盐处理对海滨木槿种子离子含量

及抗氧化酶活性的影响[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2009,24(4):117-120.

- [19] 何文亮,黄承红,杨颖丽,等. 盐胁迫过程中抗坏血酸对植物的保护功能[J]. 西北植物学报,2004,24(12):2196-2201.
- [20] 刘延吉,张蕾,田晓艳,等. 盐胁迫对碱茅幼苗叶片内源激素、NAD 激酶及 Ca²⁺-ATPase 的效应[J]. 草业科学,2008,25(4):51-54.
- [21] Zhang J H, Jia W S, Yang J C, et al. Role of ABA in integrating plant responses to drought and salt stresses [J]. Field Crops Research,2006,97(1):111-119.
- [22] Kaya C, Ashraf M, Diikiliitis M, et al. Alleviation of salt stress-induced adverse effects on maize plants by exogenous application of indoleacetic acid (IAA) and inorganic nutrients - a field trial [J]. Australian Journal of Crop Science,2013,7(2):249-254.