

几种卫矛属植物的耐盐性研究

贾雪晴^{1,2}, 姜自红¹

(1. 滁州职业技术学院 食品与环境工程学院, 安徽 滁州 239000;

2. 南京农业大学 园艺学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 以白杜、金叶丝绵木、卫矛、火焰卫矛、栓翅卫矛两年生扦插苗为供试材料, 测定其在不同质量浓度盐胁迫下的存活率、盐害指数、叶绿素含量、MDA 含量、POD 含量、脯氨酸含量和可溶性糖含量, 探讨不同质量浓度盐胁迫对供试植物外观形态和生理生化指标的影响。结果表明, 供试的几种卫矛属植物在耐盐性方面表现出差异, 其耐盐能力由强到弱的顺序依次为: 白杜 > 栓翅卫矛 > 卫矛 > 火焰卫矛 > 金叶丝绵木。

关键词: 卫矛属; 植物; 耐盐性; 生理生化

中图分类号: Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5639 (2021) 03-0088-07

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2021.03.018

Study on the Salt-tolerance Properties of Some Categories of *Euonymus*

JIA Xueqing^{1,2}, JIANG Zihong¹

(1. College of Food and Environmental Engineering, Chuzhou Polytechnic, Chuzhou, Anhui, China 239000;

2. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu, China 210095)

Abstract: The biennial cuttings of *Euonymus maackii*, *Euonymus maackii* 'Jinye', *Euonymus alatus*, *Euonymus alatus* 'compacta', *Euonymus phellomanus* are taken as the experimental material for measuring the survival rate, salt-damaging index, chlorophyll content, MDA content, POD content, proline content and soluble sugar content within the salt stress of different concentrations to study the effect of salt stress of different concentrations on the morphology, physiology and biochemistry of the tested materials. The results show that there are differences of several categories of *Euonymus* plants which are tested in terms of salt-tolerance properties. The salt-tolerance abilities are sorted from strong to weak: *Euonymus maackii* > *Euonymus phellomanus* > *Euonymus alatus* > *Euonymus alatus* 'compacta' > *Euonymus maackii* 'Jinye'.

Key words: *Euonymus*; plant; salt-tolerance; physiology and biochemistry

随着全球环境的不断恶化, 土壤盐渍化现象越来越突出。目前, 全球超过 7% 的土壤处于盐渍化状态^[1]。有关数据^[2]显示, 我国各种类型的盐渍化土壤已超过 0.36 亿 hm², 占可耕作土壤总面积的 4.88%。土壤盐渍化, 严重影响了植物的生长发育, 导致在该土壤上生长的植物需要具备一定的耐盐性。而耐盐植物按照其能正常生长发育时土壤最大含盐量的多少可以分为特耐盐、强耐盐、中度耐盐和轻度耐盐植物。我国耐盐植物资源丰富, 约

600 种左右^[3]。目前, 国内对耐盐植物的研究多以大田作物和草本植物为主, 而对园林观赏木本植物研究相对较少。因此, 本文以白杜 (*Euonymus maackii* Rupr.)、金叶丝绵木 (*Euonymus maackii* 'Jinye')、卫矛 (*Euonymus alatus* (Thunb.) Sieb.)、火焰卫矛 (*Euonymus alatus* 'Compacta') 和栓翅卫矛 (*Euonymus phellomanus* Loes.) 为材料, 对其耐盐性进行探讨, 以期部分卫矛属植物在园林中的应用提供参考。

收稿日期: 2021-03-02

基金项目: 安徽省高等学校自然科学研究重点项目 (KJ2018A0837)。

作者简介: 贾雪晴 (1984—), 女, 安徽亳州人, 讲师, 硕士研究生, 主要从事园林植物、园艺植物栽培与应用研究。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于2019年8—9月在南京农业大学锁石基地进行, 供试材料为白杜、金叶丝绵木、卫矛、栓翅卫矛和火焰卫矛。选用两年生, 健壮、无病虫害的扦插苗, 且同一植物规格、长势基本相同。将供试材料从花盆中取出, 轻轻洗干净根部基质, 定植于盛有Hogland营养液的塑料周转箱内, 周转箱的体积为40 L。21 d植株恢复正常生长后, 进行盐胁迫试验。整个试验期间营养液用空气泵通气增氧, 以利于根系生长。营养液7 d更新1次, 以保证溶液中各种成分的含量。

1.2 试验方法

对照组(CK)采用Hogland溶液培养, 胁迫组的培养液为Hogland溶液加入NaCl, 使其最终质量浓度分别为60, 90, 120, 150 mg/L。采用完全随机设计, 每个处理每种试验材料为10株, 试验重复3次。

1.3 测定项目

1.3.1 外观形态指标观测

盐胁迫处理的第22 d, 统计各供试材料的死亡株数, 计算存活率。观察叶子受伤害程度, 评价每1株供试材料的盐害等级, 并按照下面公式计算每1种供试材料的盐害指数:

盐害指数 = Σ (盐害级值 × 相应盐害级植株数) / (总株数 × 盐害最高级值) × 100%^[4]。

盐害分级标准^[5]见表1。

1.3.2 耐盐生理指标测定

胁迫处理21 d后, 对照组和胁迫组同时取样, 测定各项生理指标。样品用铝箔纸包裹, 经液氮冷冻后保存于-80℃冰箱。叶绿素含量用酒精浸提法测定。丙二醛(MDA)含量、脯氨酸(Pro)含量、过氧化物酶(POD)含量和可溶性糖含量测定均使用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒检测完成。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫下卫矛属几种供试植物的外观形态表现

2.1.1 盐胁迫对供试植物存活率的影响

存活率是植物耐盐能力最直观的指标^[6]。由表2可知, 60, 90 mg/L盐胁迫时, 各植物的存活率都为100%, 随着盐质量浓度的增加, 金叶丝绵木最先出现死亡现象, 在本试验设置的最高质量浓度水平(150 mg/L)时, 其存活率为60%, 比其他植物都低, 说明其最不耐盐。当盐质量浓度为150 mg/L时, 白杜的存活率仍为100%, 比其他供试材料都高, 表明其最耐盐。从存活率上来看, 5种植物的耐盐能力依次为: 白杜 > 栓翅卫矛 > 卫矛 > 火焰卫矛 > 金叶丝绵木。

表1 盐害分级标准

评价等级	表现症状
0级	无盐害症状, 叶片正常
1级	轻度盐害, 小于1/5的叶子尖端、边缘发黄或少数叶卷缩
2级	中度盐害, 约半数的叶子尖端、边缘发黄, 或少量落叶
3级	重度盐害, 超过半数的叶子不同程度变黄, 或落叶较多
4级	极重度盐害, 落叶严重, 枝逐渐变干, 整株死亡

表2 不同质量浓度NaCl处理下供试植物存活率

盐质量浓度/ (mg · L ⁻¹)	存活率/%				
	白杜	金叶丝绵木	卫矛	火焰卫矛	栓翅卫矛
CK	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
60	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
90	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
120	100.00	93.30	100.00	100.00	100.00
150	100.00	60.00	83.30	76.67	90.00

2.1.2 盐胁迫对供试植物盐害指数的影响

在盐胁迫下, 植株的各器官都会产生相应的变化, 其中叶子颜色和形态的变化最明显. 当植物受到盐害时, 叶子最先出现迫害症状. 随着盐迫害程度的加强, 其他器官也会出现盐害症状, 直至整株死亡. 从表 3 可以看出, 在 60 mg/L 质量浓度水平各供试材料均生长正常, 没有表现出明显的盐害症状; 在 90 mg/L 质量浓度水平, 除金叶丝绵木部分植株出现叶子尖端、边缘发黄的症状外, 其余 4 种植物均正常; 在 120 mg/L 质量浓度水平, 5 种植

物均表现出不同的盐害症状, 其中, 金叶丝绵木危害症状最重, 白杜和栓翅卫矛较轻; 在 150 mg/L 质量浓度时, 除了白杜外, 其余 4 种植物均表现出较严重的危害症状, 也都出现植株死亡的现象, 其中金叶丝绵木盐害症状最严重, 死亡 12 株.

要定量描述盐胁迫症状, 可以采用盐害指数^[7]. 从表 4 可知, 随着盐质量浓度的上升, 各供试植物的盐害指数都逐渐变大. 当盐质量浓度达 150 mg/L 时, 各植物的盐害指数以白杜最小, 金叶丝绵木最大, 说明白杜最耐盐, 金叶丝绵木最不耐盐.

表 3 不同质量浓度 NaCl 处理下供试植物的盐害症状

盐质量浓度/ (mg · L ⁻¹)	盐害症状				
	白杜	金叶丝绵木	卫矛	火焰卫矛	栓翅卫矛
CK	正常	正常	正常	正常	正常
60	正常	正常	正常	正常	正常
90	正常	少量植物底部叶子叶尖、 叶缘发黄	正常	正常	正常
120	极个别植物底部叶子 出现叶尖发黄现象	半数叶子尖端、边缘发 黄, 少数落叶, 死亡 3 株	一小半植物底部叶子 尖端、边缘发黄	部分植物底部叶子 尖端、边缘发黄	少数植物底部叶子 尖端、边缘发黄
150	少量叶子尖端、边缘 发黄, 少数落叶, 无 植物死亡	大多数叶片变黄, 落叶量 大, 死亡 12 株	半数以上叶子不同程度 变黄, 半数植物出现底 部落叶, 死亡 5 株	半数以上叶子出现 不同程度变黄, 底部 落叶严重, 死亡 7 株	超过半数植物叶子 尖端、边缘发黄, 少 数落叶, 死亡 3 株

表 4 不同质量浓度 NaCl 处理下供试植物的盐害指数

盐质量浓度/ (mg · L ⁻¹)	盐害指数/%				
	白杜	金叶丝绵木	卫矛	火焰卫矛	栓翅卫矛
CK	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0
90	0	16.70	0	0	0
120	2.50	50.83	11.67	20.83	5.00
150	21.67	81.67	49.17	63.33	40.00

2.2 不同质量浓度 NaCl 处理对卫矛属几种供试植物生理指标的影响

2.2.1 不同质量浓度 NaCl 处理对供试植物叶绿素含量的影响

由图 1 可知, 随着盐质量浓度的上升, 各供试植物的叶绿素含量均下降, 但下降程度不同. 与 CK 相比较: 白杜的叶绿素含量在 120, 150 mg/L 时下降显著, 但总量下降不多, 在 150 mg/L 时, 其绿素含量为 CK 的 0.83 倍, 说明当盐质量浓度为 150 mg/L 时, 白杜仍能进行较好的光合作用; 金叶丝绵木的叶绿素含量则随着盐质量浓度的升高

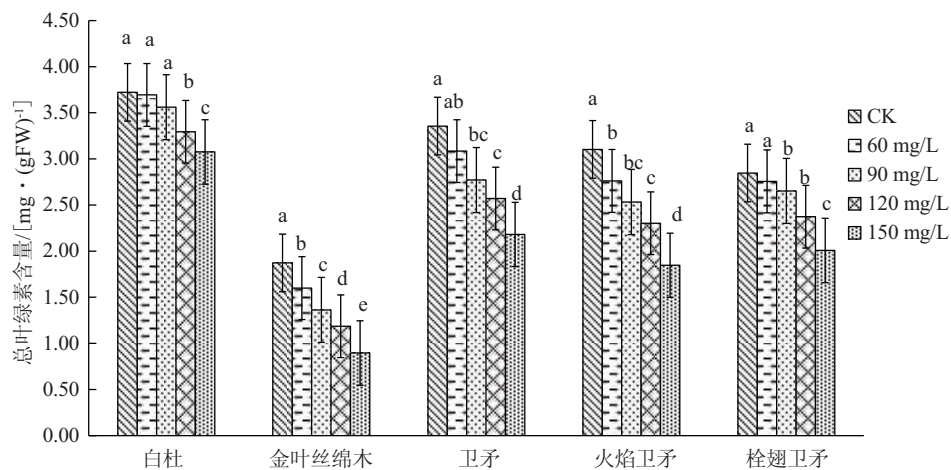
而显著下降, 说明盐胁迫对其光合作用产生了明显的抑制作用; 卫矛的叶绿素含量低质量浓度下降不显著, 直到盐质量浓度达 150 mg/L 时才显著下降; 火焰卫矛的叶绿素含量在 60, 150 mg/L 时显著下降; 栓翅卫矛的叶绿素含量在盐质量浓度为 60 ~ 90 mg/L 和 120 ~ 150 mg/L 显著下降.

2.2.2 不同质量浓度 NaCl 处理对供试植物 MDA 含量的影响

从图 2 可以看出, 随着盐质量浓度的上升, 各供试植物的丙二醛 (MDA) 含量均明显上升. 其中: 白杜的 MDA 含量增加缓慢, 直到盐质量浓度

达150 mg/L时才显著增加, 说明 120 mg/L 以下盐胁迫对白杜生长没有造成很大伤害; 金叶丝绵木对于每个盐质量浓度其 MDA 含量都显著升高, 当盐质量浓度达 150 mg/L 时, 其 MDA 含量是 CK 值的 4.64 倍, 在所有供试植物中最高, 说明盐质量浓度上升, 对金叶卫矛的生长最不利; 卫矛和栓翅卫矛的 MDA 含量变化规律相似, 当盐质量浓度为 120 mg/L 时, 其 MDA 含量相对于 CK 显著升高,

盐质量浓度150 mg/L相对于 120 mg/L 其 MDA 含量也显著升高, 说明 120 mg/L 以上的盐胁迫对其生长会产生影响; 火焰卫矛的 MDA 含量在 60 mg/L 升高显著, 然后缓慢升高 (90, 120 mg/L), 当盐质量浓度达150 mg/L又显著升高, 说明其对盐质量浓度反应敏感, 低质量浓度 (60 mg/L) 就开始对其生长造成影响, 但其对盐质量浓度又具有一定的适应性。



图中相同植物不同字母表示差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 以下同。

图1 不同质量浓度 NaCl 处理对供试植物叶绿素含量的影响

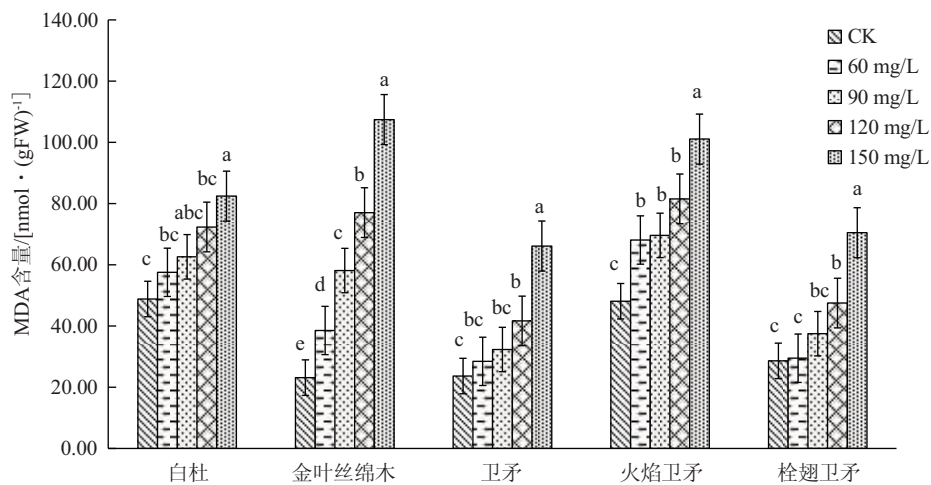


图2 不同质量浓度 NaCl 处理对供试植物 MDA 含量的影响

2.2.3 不同质量浓度 NaCl 处理对供试植物 POD 含量的影响

如图3所示, 在试验设置的不同 NaCl 质量浓度处理下, 各供试植物的过氧化物酶活性 (POD) 的变化存在差异, 白杜和栓翅卫矛的 POD 活性持续升高, 金叶丝绵木、卫矛和火焰卫矛的 POD 活

性先升后降. 白杜体内的 POD 活性在 60 ~ 120 mg/L 显著增强, 120 ~ 150 mg/L 虽然增强但不显著, 而其总体呈增强趋势, 说明其抗氧化能力尚未遭到严重破坏; 金叶丝绵木体内的 POD 活性在 60 ~ 90 mg/L 显著增强, 90 mg/L 达到最强, 120 ~ 150 mg/L 显著减弱; 卫矛体内的 POD 活性 120 mg/L 最强,

150 mg/L 减弱, 但减弱不显著; 火焰卫矛体内的 POD 活性 120 mg/L 最强, 150 mg/L 显著减弱; 栓翅卫矛体内的 POD 活性 60 ~ 120 mg/L 显著增强, 150 mg/L 增强不显著。

2.2.4 不同质量浓度 NaCl 处理对供试植物脯氨酸含量的影响

如图 4 所示, 随着盐质量浓度上升, 除金叶丝绵木、火焰卫矛外, 各供试植物的脯氨酸 (Pro) 含量均升高。白杜从 90 mg/L 开始其脯氨

酸含量均增加显著; 金叶丝绵木在 90 ~ 120 mg/L 其 Pro 含量增加显著, 120 mg/L 达到最大, 150 mg/L 则显著下降, 说明在 120 mg/L 质量浓度时受到盐分的伤害, 导致 Pro 积累能力的下降; 卫矛在 90 ~ 120 mg/L 其 Pro 含量升高显著, 150 mg/L 升高不显著; 火焰卫矛在 120 mg/L 其 Pro 含量达到最大, 150 mg/L 显著减少; 栓翅卫矛在 60 ~ 120 mg/L 其 Pro 含量显著增加, 150 mg/L 增加不显著。

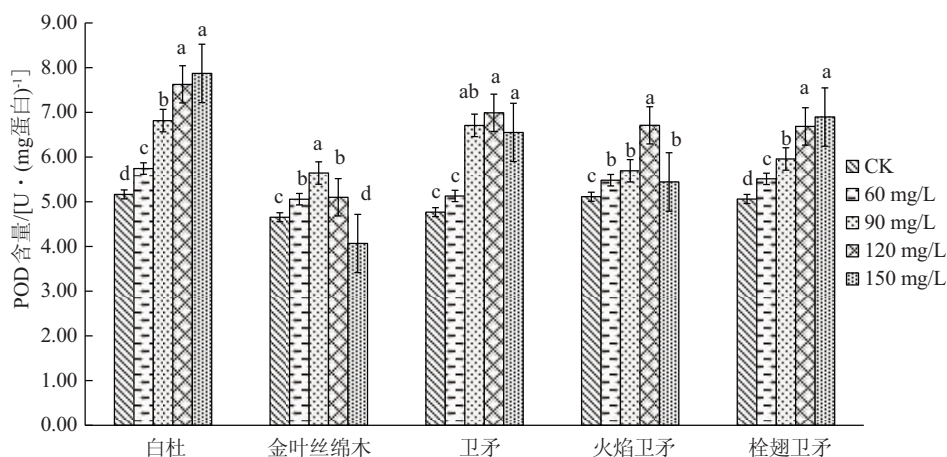


图 3 不同质量浓度 NaCl 处理对供试植物 POD 含量的影响

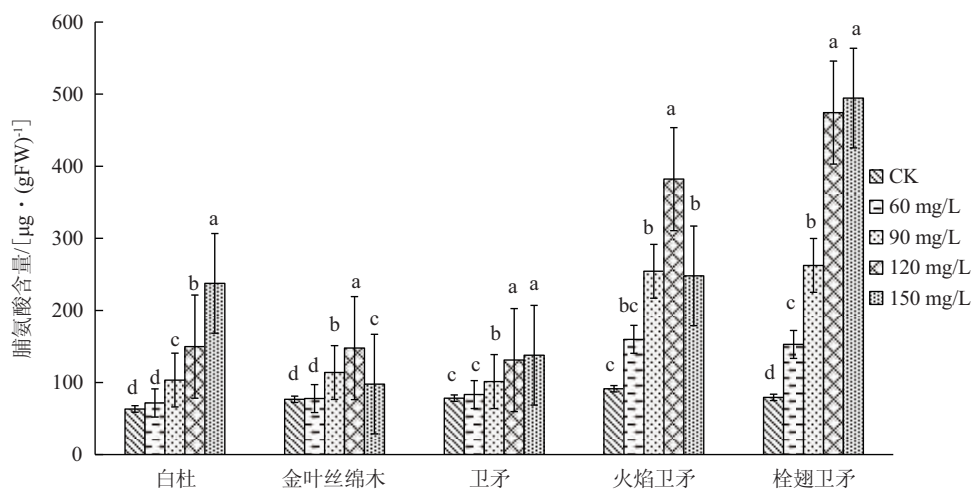


图 4 不同质量浓度 NaCl 处理对供试植物脯氨酸含量的影响

2.2.5 不同质量浓度 NaCl 处理对供试植物可溶性糖含量的影响

如图 5 所示, 各植物可溶性糖含量变化趋势是白杜、卫矛和栓翅卫矛上升, 金叶丝绵木和火焰卫矛先上升后下降。白杜在 60 ~ 120 mg/L 其可溶性糖升高不显著, 盐质量浓度达 150 mg/L 时则显著升高; 金叶丝绵木在 60 ~ 90 mg/L 其可溶性糖显著

升高, 120 mg/L 则显著下降, 150 mg/L 继续下降, 说明盐质量浓度大于 90 mg/L 时, 其体内积累可溶性糖的能力减弱; 卫矛在 60 ~ 90 mg/L 其可溶性糖显著升高, 120 ~ 150 mg/L 升高不显著; 火焰卫矛在 90 ~ 120 mg/L 其可溶性糖升高显著, 150 mg/L 则下降, 但下降不显著; 栓翅卫矛的可溶性糖含量则随着盐质量浓度的升高而显著上升。

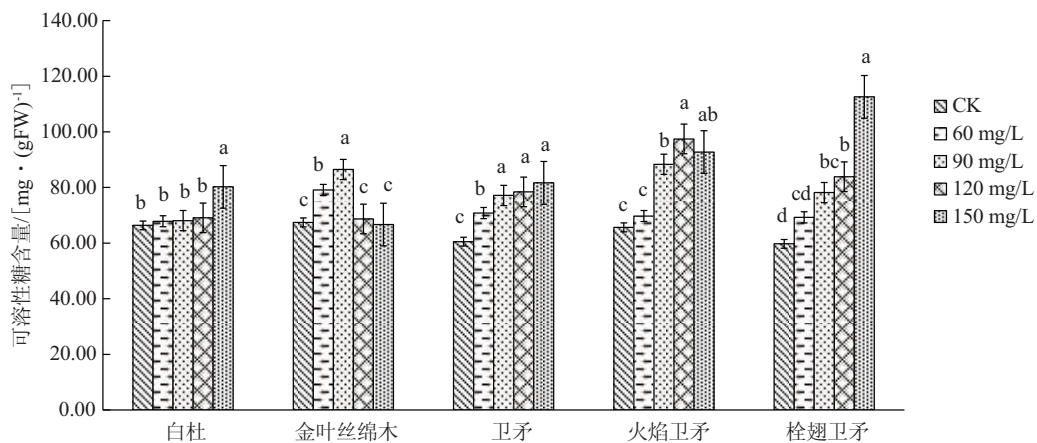


图5 不同 NaCl 质量浓度处理对供试植物可溶性糖含量的影响

3 结论与讨论

盐胁迫下, 植物会表现出外观形态和生理生化方面的变化. 而形态变化是植物受到逆境胁迫最直接、最显而易见的反映. 叶片是植物重要的功能器官, 也是在不良环境下受影响最显著的器官之一. 盐处理下叶片的受损害程度可以在一定程度上评价盐胁迫程度^[8]. 存活率被认为是检测植物耐盐能力的最重要指标, 已被广泛应用于植物的耐盐性研究中^[9-10]. 盐分胁迫下植物群体的受损害程度可以用盐害指数来衡量^[11]. 在本研究中, 盐害症状最严重的是金叶丝绵木, 盐害症状最轻的是白杜. 在本试验设置的最高盐质量浓度水平时, 存活率最低的为金叶丝绵木, 其次为火焰卫矛、卫矛、栓翅卫矛, 存活率最高的为白杜. 在盐质量浓度为 90 mg/L 和 120 mg/L NaCl 胁迫下, 金叶丝绵木盐害指数都最大, 白杜最小. 从外观形态上来看, 几种植物的耐盐能力顺序依次为: 白杜 > 栓翅卫矛 > 卫矛 > 火焰卫矛 > 金叶丝绵木.

植物受盐害后体内会发生一系列的生理生化变化, 如叶绿素、丙二醛 (MDA)、过氧化物酶 (POD)、脯氨酸 (Pro) 等含量的变化. 植物耐盐性不是单一生理指标反应, 而是多个指标的综合呈现.

叶绿素是植物进行光合作用的主要色素, 其含量的变化最终会影响生物量积累. 有研究^[12-14]显示, 植物受到盐害时, 体内的叶绿素含量会随着盐质量浓度的上升而减少. 在本试验中, 几种植物的叶绿素都呈下降趋势, 白杜叶绿素含量下降量最少, 低质量浓度时下降不显著, 说明其较耐盐. 金

叶丝绵木的叶绿素含量则随着盐质量浓度的升高而显著下降, 在所有供试材料中, 最不耐盐.

丙二醛 (MDA) 是膜脂过氧化作用的产物之一, 其含量越高, 质膜过氧化程度越高, 植物受到的盐害越严重^[15]. 植物在逆境环境中, 活性氧离子产生和抗氧化剂淬灭平衡被打破, 这会对植物造成氧化性破坏^[16]. 植物在受到盐害时, 过氧化物酶 (POD) 和超氧化物歧化酶 (SOD) 等抗氧化酶的活性会升高, 且这些酶的活性与盐害的质量浓度呈现一定的正相关性^[17]. 在本试验中, 金叶丝绵木的丙二醛的含量增加最为显著, 增加量也最大, 而其 POD 含量从质量浓度 90 mg/L 开始显著下降, 说明其耐盐能力最差. 白杜的丙二醛含量虽然上升, 但上升值最小, 而其 POD 活性持续上升, 且上升值最大, 说明其最耐盐. 火焰卫矛的 MDA 含量的上升速度快于卫矛, 而两者的 POD 活性都在 120 mg/L 达到最大, 之后火焰卫矛显著下降, 而卫矛下降不显著, 说明卫矛的耐盐能力强于火焰卫矛. 栓翅卫矛的 POD 活性持续上升, 但其丙二醛含量增加量较白杜大, 表明其耐盐能力弱于白杜.

植物可以通过体内的脯氨酸 (Pro) 和可溶性糖等有机物来调节渗透势. 有研究^[18-19]表明, 随着盐害的加强, 植物体内 Pro 含量逐渐上升. 可溶性糖是大多数非盐生植物的主要调透剂, 植物受到盐害后, 会通过积累可溶性糖来提高细胞液浓度, 降低细胞渗透势, 保护细胞膜的完整^[20]. 在本研究中, 金叶丝绵木和火焰卫矛的 Pro 和可溶性糖含量先升后降. 试验结果表明, 超过 120 mg/L, 植株受到伤害, 调节渗透势的能力减弱, 耐盐性较

差。白杜从 90 mg/L 开始,各质量浓度下 Pro 含量都显著增加;可溶性糖含量在前 3 个质量浓度增加不显著,但在 150 mg/L 增加显著,说明低盐质量浓度对其生长不会造成影响,不需要大量积累可溶性糖来调节渗透压,这也说明其耐盐性较强。在所有供试材料中,栓翅卫矛和卫矛积累 Pro 和可溶性糖能力居中,耐盐能力也居中。综合各项生理生化指标,卫矛属几种植物的耐盐能力依次表现为:白杜 > 栓翅卫矛 > 卫矛 > 火焰卫矛 > 金叶丝绵木,所得结论与形态观测的结果一致。

〔参考文献〕

- [1] 李建国,濮励杰,朱明,等. 土壤盐渍化研究现状及未来研究热点 [J]. 地理学报, 2012, 67 (9): 1233 - 1245.
- [2] 王佳丽,黄贤金,钟太洋,等. 盐碱地可持续利用研究综述 [J]. 地理学报, 2011, 66 (5): 673 - 684.
- [3] 赵可夫,周三,范海. 中国盐生植物种类补遗 [J]. 植物学通报, 2002 (5): 611 - 613.
- [4] 史燕山,骆建霞,张涛,等. 核果类果树砧木耐盐性差异的研究 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2004, 32 (3): 45 - 48.
- [5] 王治钊. 8 种园林植物的耐盐性研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2014: 12 - 13.
- [6] 张川红,沈应柏,尹伟伦,等. 盐胁迫对几种苗木生长及光合作用的影响 [J]. 林业科学, 2002, 3 (2): 27 - 31.
- [7] 吉佩佩. 鲁西北 10 种园林植物耐盐性评价研究 [D]. 聊城: 聊城大学, 2015.
- [8] 罗庆云,於丙军,刘友良. 大豆苗期耐盐性鉴定指标的检验 [J]. 大豆科学, 2001, 20 (7): 177 - 182.
- [9] 张光弟,俞晓艳,冯晓蓉,等. 千屈菜植株耐盐性初步研究 [J]. 农业科学研究, 2009, 30 (3): 82 - 84.
- [10] 支欢欢,杨敏生,张华新,等. 3 种园林植物耐盐性对比分析 [J]. 河北农业大学学报, 2009, 32 (3): 71 - 80.
- [11] 马翠兰,刘星辉,陈中海. 果树对盐胁迫的反应及耐盐性鉴定的研究进展 [J]. 福建农业大学学报, 2000, 29 (2): 161 - 166.
- [12] 刘昊华,虞毅,丁国栋,等. 4 种滨海造林植物耐盐性评价 [J]. 东北林业大学学报, 2011, 39 (7): 8 - 11.
- [13] 倪细炉,岳延峰,田英,等. 4 种盐生植物抗盐能力的综合评价 [J]. 中国农学通报, 2010, 26 (6): 138 - 141.
- [14] 邱凤英,廖宝文,肖复明. 半红树植物杨叶肖槿幼苗耐盐性研究 [J]. 林业科学研究, 2011, 24 (1): 51 - 55.
- [15] 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: 260 - 262.
- [16] REN H M, CHEN X, SUN G J, et al. Response of wheat seedlings with different drought resistance to water deficiency and NaCl stresses [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11 (5): 718 - 722.
- [17] LI G Q, AN S Q, ZHANG J L, et al. Impact of salt stress on peroxidase activity in populus deltoides cambium and its consequence [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14 (6): 871 - 874.
- [18] 杨树军,张柏习,张学利. 美国皂角不同种源耐盐碱评价与筛选 [J]. 防护林科技, 2008 (2): 7 - 8, 14.
- [19] 张云起,刘世琦,杨凤娟,等. 耐盐西瓜砧木筛选及其耐盐机理的研究 [J]. 西北农业学报, 2003, 12 (4): 105 - 108.
- [20] 胡兴旺,金杭霞,朱丹华. 植物抗旱耐盐机理的研究进展 [J]. 中国农学通报, 2015, 31 (24): 137 - 142.

