

邱国金,于敏,胡卫霞,等.盐胁迫对天鹅绒紫薇生长与生理生化特性的影响[J].江苏农业科学,2018,46(6):123-126.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.06.031

# 盐胁迫对天鹅绒紫薇生长与生理生化特性的影响

邱国金,于敏,胡卫霞,陈凯,姚振宇

(江苏农林职业技术学院,江苏句容 212400)

**摘要:**为探究彩叶苗木对盐胁迫的响应及其耐盐性,丰富高盐土壤园林植物品种,以 1 年生天鹅绒紫薇扦插苗为材料,设置 6 个 NaCl 浓度盆栽处理,研究 NaCl 胁迫对天鹅绒紫薇生长及其生理生化特性的影响。结果表明:(1)随着 NaCl 浓度的增加,天鹅绒紫薇的苗高和地径的相对生长量受到明显限制,呈逐步下降趋势;(2)在 NaCl 浓度为 0.10%~0.25% 胁迫下,叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素的含量较对照有所增加,在 NaCl 浓度为 0.40%~0.70% 胁迫下,叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素的含量随盐浓度的增加而下降;(3)丙二醛(MDA)、可溶性总糖、蔗糖含量随浓度的增加而增加;NaCl 浓度胁迫与 ASA 无显著的相关性。综合分析认为,天鹅绒紫薇在低盐量(<0.25%)土壤中生长良好,在高盐含量(>0.40%)土壤中生长受阻。

**关键词:**天鹅绒紫薇;盐胁迫;苗高;地径;相对生长量;生长;生理生化特性

**中图分类号:**S685.990.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)06-0123-04

千屈菜科(Lythraceae)紫薇属(*Lagerstroemia*)天鹅绒紫薇(*Lagerstroemia indica* 'Pink Velour')是美国天鹅绒之父卡尔·威特科姆博士于 1996 年在俄克拉荷马州斯蒂尔沃特市的一个农场从 650 万株籽苗中利用甲磺酸乙酯为主的诱导剂经过 6 代反复筛选培育,最终精选出来的观花、观叶及耐寒特性最优良的品种。

江苏农林职业技术学院于 2010 年从美国引进了天鹅绒紫薇新品种,经过 5 年引种栽培试验和物候观察,该品种生长正常,适应性强,基本保持了原产地的优良性状,且扦插繁殖成活率高,具有叶色独特、花色高贵、花期超长、花量特大、极耐低温等优点<sup>[1]</sup>,在园林景观中极具推广应用前景。

目前国内关于天鹅绒紫薇的研究主要集中在扦插、嫁接等无性繁殖技术方面,而在园林应用方面的研究很少,尤其在抗逆性方面,其中耐盐性研究还未见报道,适生盐浓度依然未知。我国盐碱土分布广泛,各类盐碱地面积总计 13.3 万  $\text{hm}^2$ <sup>[2]</sup>,包括许多城市土地也有不同程度盐碱化<sup>[3]</sup>,致使很多景观树种在盐胁迫条件下生长。因此,开展天鹅绒紫薇耐盐性研究、筛选和推广优良耐盐树种,可加快园林绿化速度,提高园林景观质量,对改良和利用盐渍土壤具有现实意义<sup>[4]</sup>。通过天鹅绒紫薇耐盐性的研究,期望能为其在园林中广泛应用提供理论依据,丰富绿化物种多样性。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2010 年从美国引进天鹅绒紫薇作为供试材料,2014 年 8 月,从 5 年生幼树上选取生长健壮、无病虫害的当年生枝条进

行嫩枝扦插,2015 年 7 月将生长至 15 cm 左右的扦插苗移栽到塑料容器中进行统一水肥管理。

### 1.2 试验设计

2015 年 8 月从容器苗中挑选生长健壮、无病虫害、20 cm 左右的小苗移入统一规格的花盆(上径口 20 cm × 下径口 15 cm × 高 25 cm)中进行基质( $V_{\text{园土}}:V_{\text{珍珠岩}}:V_{\text{细沙}}=1:1:1$ )栽培,每盆 1 株,土壤干质量为 6 kg,在相同环境下自然生长,常规管理,培养 1 个月后进行盐胁迫试验。

试验在江苏农林职业技术学院彩叶苗木实训基地大棚内进行,共设 6 个 NaCl 浓度处理,分别为 0 (CK)、0.10%、0.25%、0.40%、0.55%、0.70% (NaCl 质量占风干混合土质量的比例),每个处理 15 盆,3 个重复。试验采用单因素随机区组设计,施盐方式采取逐级递增,直至达到设置土壤盐浓度,试验期间对苗木进行常规管理,每隔 3 d 浇 1 次 300 mL 的蒸馏水,每次浇水 200 mL,浇灌时间为 08:00—09:00,以平衡盆内水分蒸发量,花盆底部放置同样大小的塑料托盘,以防止盐分淋湿,并将渗出的培养液倒回盆中,保持盆内盐浓度一致。每次浇水后 1 d 08:00 观察记录幼苗生长状态,胁迫后 0、7、14、21 d 分别取样,采集不同处理的幼苗相同部位功能叶 5~8 张,用蒸馏水洗去表面灰尘,并用吸水纸擦干后装入写有对应标签的密封袋中,用液氮固定后 -40℃ 保存,用于各项生理指标的测定。

### 1.3 指标测定

**1.3.1 生长指标测定** 盐胁迫前测定每株苗高,盐胁迫后每隔 7 d 测量 1 次,共测 5 次,取其平均值。苗高生长量  $H = H_2 - H_1$ ,苗高相长量 = 盐处理的苗高生长量/对照的苗高生长量;地径生长量方法相同。

**1.3.2 生理生化指标测定** 叶绿素和类胡萝卜素含量用乙醇提取法测定<sup>[5]</sup>;蔗糖含量采用间苯二酚比色法测定<sup>[6]</sup>;可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定<sup>[7]</sup>;抗坏血酸(ASA)含量测定和谷胱甘肽(GSH)含量测定参照王利军等的方法<sup>[8]</sup>;丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法<sup>[9]</sup>。

收稿日期:2017-01-28

基金项目:江苏省林业科技创新与推广项目(编号:LYKJ[2017]27);

江苏省林业三新工程项目[编号:LYSX(2016)29]。

作者简介:邱国金(1959—),男,江苏丹阳人,硕士,教授,主要从事园林树木的教学和科研工作。E-mail:qiuguojin7291958@126.com。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 软件处理试验数据并绘图。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对天鹅绒紫薇生长指标的影响

2.1.1 盐胁迫对天鹅绒紫薇存活率与生长势的影响 从表 1 和表 2 可以看出,天鹅绒紫薇在低盐浓度 0.10% 胁迫下可保持正常生长;在盐浓度 0.25% 胁迫下生长势开始受到影响,随着盐浓度和盐胁迫时间的延长,其盐害症状越明显。胁迫 28 d 时,植株长势一般,少量植株出现叶片下垂和萎焉等现象;在盐浓度 0.40% 胁迫下,植株长势差,胁迫 28 d 时,开

始出现叶柄脱落,叶缘枯焦,有个别植株死亡;在盐浓度 0.55% 下胁迫 21 d 时,植株生长势差,胁迫 28 d 时,1/2 以上植株死亡;在盐浓度 0.70% 下胁迫 28 d 时,植株全部死亡。存活率和生长势说明天鹅绒紫薇的存活阈值低于 0.25%。

表 1 不同盐浓度胁迫下天鹅绒紫薇的存活率

胁迫时间 (d)	不同 NaCl 浓度下的存活率(%)					
	CK	0.10%	0.25%	0.40%	0.55%	0.70%
0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
14	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	90.0
21	100.0	100.0	100.0	93.3	86.7	66.7
28	100.0	100.0	100.0	80.0	43.3	0.0

表 2 不同浓度盐胁迫下天鹅绒紫薇生长势

胁迫时间 (d)	不同 NaCl 浓度下生长势情况(%)					
	CK	0.10%	0.25%	0.40%	0.55%	0.70%
0	长势好	长势好	长势好	长势好	长势好	长势好
7	长势好	长势好	长势好	长势较好(叶缘微卷)	长势较差(叶缘翻卷)	长势较差(叶缘翻卷,部分叶柄脱落,叶脉枯黄)
14	长势好	长势好	长势好	长势一般(叶片萎焉,少量叶柄脱落)	长势较差(叶柄脱落,叶脉枯黄)	长势差(叶柄脱落,叶缘焦枯发黄带黑斑,个别植株死亡)
21	长势好	长势好	长势较好(叶缘微卷)	长势较差(叶柄脱落,叶脉枯黄)	长势差(叶柄脱落,叶缘焦枯发黄带黑斑,个别植株死亡)	长势差(部分植株死亡)
28	长势好	长势较好	长势一般(叶片下垂、萎焉)	长势差(叶柄脱落,叶缘焦枯发黄带黑斑,个别植株死亡)	长势差(部分植株死亡)	全部植株死亡

2.1.2 盐胁迫对天鹅绒紫薇苗高相对生长量的影响 由图 1 可知,盐胁迫对植株苗高相对生长量起抑制作用。当盐浓度为 0.1% ~0.25% 时,对苗高生长有轻微影响,而盐浓度为 0.4% ~0.7% 时,对苗高生长影响极大。

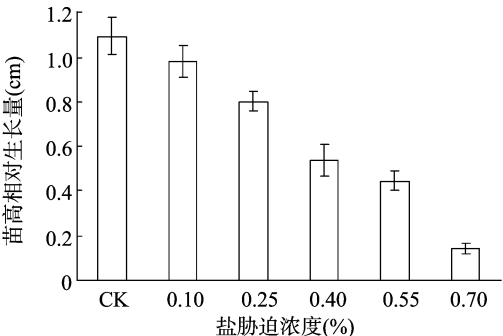


图1 NaCl 胁迫对天鹅绒紫薇苗高相对生长量的影响

2.1.3 盐胁迫对天鹅绒紫薇地径相对生长量的影响 由图 2 可知,盐胁迫对植株地径相对生长量的影响与苗高相对生长量的影响是一致的。

2.2 盐胁迫对天鹅绒紫薇光合指标的影响

2.2.1 盐胁迫对天鹅绒紫薇叶绿素 a 含量的影响 由图 3 可知,各处理的叶绿素 a 含量随盐浓度的增加而呈现先升后降趋势。胁迫 7 d 时,仅有盐浓度为 0.70% 处理的叶绿素 a 含量低于 CK;胁迫 14 d 时,各处理的叶绿素 a 含量都有所升高,且与 CK 无明显差异,说明此时植株须要产生更多的叶绿素 a 来维持体内生理平衡;胁迫 21 d 时,仅有盐浓度为 0.10%、0.25% 处理的叶绿素 a 含量与 CK 无显著差异,其他处理与 CK 差异显著,分别下降了 33.97%、47.18%、65.09%,这与表 2 不同盐浓度胁迫后植株叶片掉落数据相吻合。

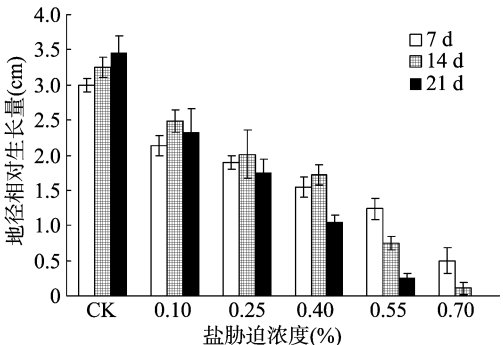


图2 NaCl 胁迫对天鹅绒紫薇地径相对生长量的影响

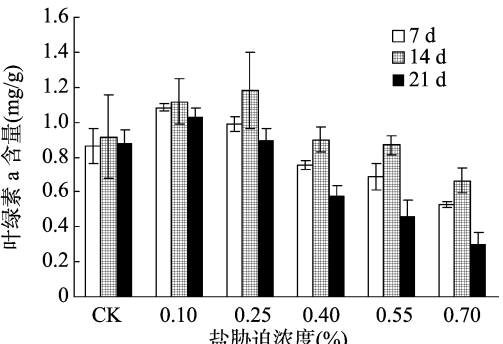


图3 NaCl 胁迫对天鹅绒紫薇叶绿素 a 含量的影响

2.2.2 盐胁迫对天鹅绒紫薇叶绿素 b 含量的影响 由图 4 可知,随着盐浓度的增加,各处理的叶绿素 b 含量总体呈先升后降的波浪形趋势,与叶绿素 a 含量变化基本一致。胁迫 7 d 时,除盐浓度为 0.55%、0.70% 处理外,其余处理的叶绿素 b 含量都高于 CK,且分别上升 24.19%、38.13%、10.69%;胁迫 14 d 时,各处理的叶绿素 b 含量都有所下降,且盐浓度为

0.40%、0.70% 处理的叶绿素 b 含量下降明显,尤其盐浓度为 0.70% 处理的叶绿素 b 含量已不足 CK 的 50%;胁迫 21 d 时,只有盐浓度为 0.10%、0.25% 处理的叶绿素 b 含量与 CK 无明显差异,其他处理分别下降 28.63%、45.58%、62.56%。说明天鹅绒紫薇在盐浓度为 0.10%、0.25% 时可以正常生长;当盐浓度达 0.40% 时,植株生长受到抑制;盐浓度为 0.55% 和 0.70% 时,植株无法正常生长,出现死亡现象。因此,在土壤盐浓度 <0.25% 时,幼苗才能生长良好。

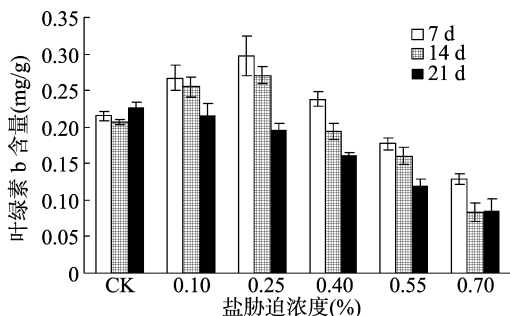


图4 NaCl 胁迫对天鹅绒紫薇叶绿素 b 含量的影响

2.2.3 盐胁迫对天鹅绒紫薇类胡萝卜素含量的影响 从图 5 可以看出,随着盐浓度增加和胁迫时间的延长,类胡萝卜素含量总体呈下降趋势。胁迫 7 d 时,5 个处理的类胡萝卜素含量分别下降 36.09%、31.32%、32.08%、22.81%、38.60%,且各处理之间无明显差异;胁迫 14 d 时,盐浓度为 0.10%、0.25%、0.70% 处理的类胡萝卜素含量比胁迫 7 d 都有所上升,分别上升 29.41%、6.20%、5.71%,盐浓度为 0.40%、0.55% 处理则分别下降 14.02%、11.36%;胁迫 21 d 时,盐浓度为 0.10%、0.25% 处理的类胡萝卜素含量继续升高,与 CK 无明显差异,其余处理则分别下降 36.83%、29.51%、44.88%,且各处理间无明显差异。说明植株中类胡萝卜素对盐胁迫没有那么敏感,各处理间的含量差距较小。类胡萝卜素降解速度的加快将促进叶绿素的氧化<sup>[10]</sup>,加快叶绿素降解,最终导致细胞内物质和能量代谢失调,影响幼苗的光合作用。

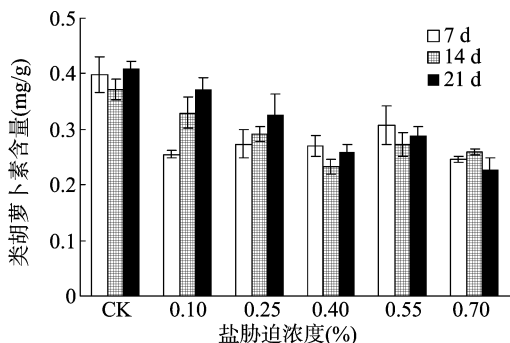


图5 NaCl 胁迫对天鹅绒紫薇类胡萝卜素含量的影响

## 2.3 盐胁迫对天鹅绒紫薇生理指标的影响

2.3.1 盐胁迫对天鹅绒紫薇丙二醛(MDA)含量的影响 从图 6 可知,天鹅绒紫薇在低盐浓度胁迫下 MDA 含量比对照明显增高,说明低盐胁迫时发生膜脂过氧化作用,使 MDA 积累;而在高盐浓度胁迫下,MDA 含量又降到对照水平,可能与自由基清除系统中酶活性提高有关<sup>[11]</sup>。

2.3.2 盐胁迫对天鹅绒紫薇蔗糖含量的影响 从图 7 可知,随着盐胁迫时间的延长,各处理间的蔗糖含量总体呈上升趋势。

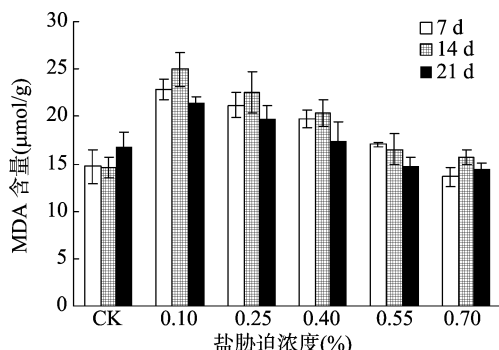


图6 NaCl 胁迫对天鹅绒紫薇 MDA 含量的影响

势。胁迫 7 d 时,盐浓度为 0.10%、0.25% 处理与 CK 差异不明显,盐浓度为 0.40%、0.55%、0.70% 处理的蔗糖含量则分别上升 6.45%、45.80%、33.04%;胁迫 14 d 时,各处理蔗糖含量则分别上升 16.92%、30.54%、34.88%、60.04%、75.37%;胁迫 21 d 时,除盐浓度为 0.25% 处理外,其余处理蔗糖含量都有所回落,但明显高于 CK,分别升高 24.02%、59.67%、31.50%、54.49%、67.12%。说明蔗糖是一种可溶性糖,在植株受到盐胁迫时,蔗糖含量会发生变化,在高盐浓度胁迫下,天鹅绒紫薇须要贮藏较多的可溶性糖维持生理平衡。

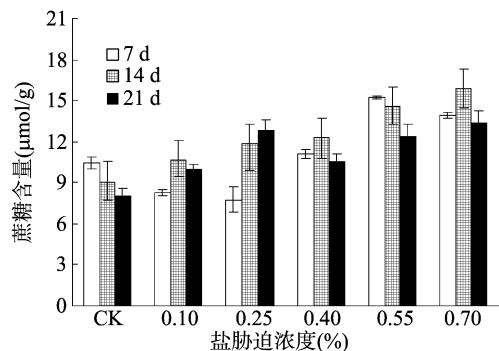


图7 NaCl 胁迫对天鹅绒紫薇蔗糖含量的影响

2.3.3 盐胁迫对天鹅绒紫薇还原性 GSH 含量的影响 由图 8 可知,随着胁迫时间的延长,除盐浓度为 0.55% 处理外,其余处理的还原性 GSH 含量总体呈现先升后降趋势,随着盐浓度的增加,还原性 GSH 含量也呈现先升后降趋势。胁迫 7 d 时,盐浓度为 0.10%、0.25%、0.40% 处理的还原性 GSH 含量与 CK 相比分别上升 45.76%、31.66%、17.16%,盐浓度为 0.55%、0.70% 处理则分别下降 16.55%、40.55%;胁迫 14 d 时,盐浓度为 0.10%、0.25%、0.40% 处理的还原性 GSH 含量继续升高,与 CK 相比分别上升 55.06%、38.34%、7.59%,盐浓度为 0.55%、0.70% 处理的还原性 GSH 含量则分别下降 39.24%、33.00%;胁迫 21 d 时,盐浓度为 0.10%、0.25% 处理与 CK 无明显差异,盐浓度为 0.40%、0.55%、0.70% 处理与 CK 差异明显,且分别下降 31.21%、39.95%、46.40%。说明天鹅绒紫薇可通过升高还原性 GSH 含量来保护自己,随着时间的延长,含量趋于平稳,但在高盐浓度胁迫下一开始植株就受到损伤,无法自我调节。

2.3.4 盐胁迫对天鹅绒紫薇 ASA 的影响 由图 9 可知,在盐胁迫 21 d 内,天鹅绒紫薇的 ASA 含量与 CK 无明显差异,说明盐胁迫对植株的 ASA 含量无明显影响。

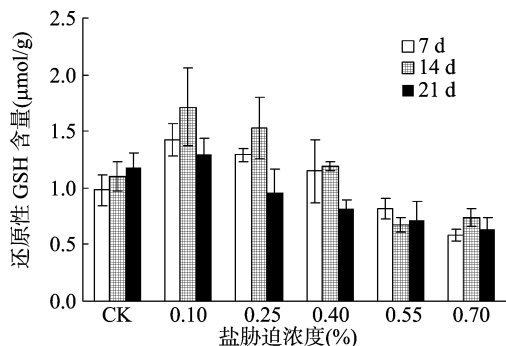


图8 NaCl 胁迫处理对天鹅绒紫薇 GSH 含量的影响

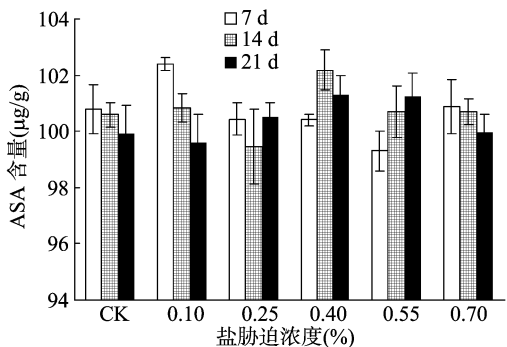


图9 NaCl 胁迫处理对天鹅绒紫薇 ASA 含量的影响

### 3 讨论与结论

植物的抗盐性是多基因控制的极为复杂的反应过程,涉及植物器官、组织、细胞、细胞器直至分子,生长量是植物代谢过程在形态上的综合表现,也是植物耐性的直接指标<sup>[12]</sup>,植物生长过程对盐胁迫十分敏感。天鹅绒紫薇 1 年生幼苗在盐胁迫环境下苗高和地径相对生长量的大小可以反映植株抗盐性的强弱。本试验通过生长势、苗高生长量、地径生长量等指标反映天鹅绒紫薇受害状况,发现植株苗高和地径生长量随着 NaCl 浓度的增高而受到抑制,苗木形态上随之出现叶缘卷曲、叶缘焦枯、叶片失绿黄化、叶柄脱落等变化,在 NaCl 浓度为 0.40% 及以上时,植株干枯直至死亡。表明天鹅绒紫薇在重度盐胁迫下不能正常生长,这与周琦等与盐胁迫对鹅耳枥的生长与生理生化特性结果<sup>[13]</sup>基本一致。

叶绿素(chlorophyll)是一类参与光合作用最重要的色素,是植物通过光合作用将光能转变为化学能的过程。少数特殊状态下的叶绿素 a 具有吸收和转化光能的作用,而大部分叶绿素 a 和全部叶绿素 b 具有吸收和传递光能的作用。类胡萝卜素是一种光合色素,在猝灭活性氧过程中起着重要作用,保护光合系统<sup>[14]</sup>。当 NaCl 浓度为 0.10%、0.25%、0.40% 处理时,叶绿素 a、叶绿素 b 及类胡萝卜素含量增加,而当 NaCl 浓度为 0.55%、0.70% 处理时,叶绿素 a、叶绿素 b 及类胡萝卜素的含量下降。说明 NaCl 浓度在 0.55% 及以上胁迫时,天鹅绒紫薇幼苗的光合作用减弱,抑制了植株的生长而逐步死亡。

丙二醛(MDA)是植物在盐胁迫下,生物膜发生膜脂过氧化作用的产物,它能进一步损伤生物膜,因而可以用来表示植物细胞对逆境条件反映强弱的指标<sup>[15]</sup>。天鹅绒紫薇在低盐浓度胁迫下 MDA 含量比对照明显增高,而在高盐浓度胁迫下,MDA 含量又降到对照水平,其含量能反映膜脂质过氧化

程度<sup>[16]</sup>。因为 MDA 具有很强的细胞毒性,MDA 含量的增加破坏了生物膜的结构及生理完整性<sup>[17]</sup>,必然影响植株正常的生理代谢。可溶性总糖和蔗糖是调节渗透压的主要物质,各盐浓度胁迫下天鹅绒紫薇的可溶性糖总量与蔗糖含量随溶液浓度的增加而增加,为保持植物细胞在盐胁迫下渗透压的平衡。ASA 和 GSH 能与活性氧自由基直接反映作用于细胞膜的稳定<sup>[12]</sup>。在盐浓度 0.10%、0.25% 胁迫下,GSH 含量逐渐升高,ASA 趋于稳定。

天鹅绒紫薇幼苗在盐浓度小于 0.40% 胁迫时,各形态及生理生化指标发生适应性相应,形成新的物种代谢平衡,导致生长状况受到一定的影响,但未造成植株死亡,因此天鹅绒紫薇耐受的临界盐分浓度在 0.40% 左右,可在轻度和中度盐碱地区栽植,让其发挥园林观赏价值和生态效益。

### 参考文献:

- [1] 王晓明,李永欣,余格非,等. 紫薇新品种及繁殖技术[J]. 中国城市林业,2008,6(1):79-80.
- [2] 黄广远. 盐胁迫对臭椿生长和生理的影响[D]. 南京:南京林业大学,2012.
- [3] 赵春桥,李继伟,范希峰,等. 不同盐胁迫对柳枝稷生物量、品质和光合生理的影响[J]. 生态学报,2015,35(19):6489-6495.
- [4] 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.
- [5] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2002:419.
- [6] 张志良,翟伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,2003:127-129.
- [7] 王利军,李绍华,李家永,等. 温度逆境交叉适应对葡萄叶片膜脂过氧化和细胞钙分布的影响[J]. 植物生态学报,2004,28(3):326-332.
- [8] 赵世杰,许长成,邹琦,等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯,1994,30(3):207-210.
- [9] 曹亿植,宋占午. 植物生理学[M]. 北京:中国农业大学出版社,1998:101-154.
- [10] 井春喜,张怀刚,师生波,等. 土壤水分胁迫对不同耐旱性春小麦品种叶片色素含量的影响[J]. 西北植物学报,2003,23(5):811-814.
- [11] 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J]. 植物生理学通讯,1991,27(2):84-90.
- [12] Halliwell B. Chloroplast metabolism: the structure and function of chloroplasts in green leaf cells[M]. Oxford:Clarendon Press,1981.
- [13] 林琪,侯立白,韩伟,等. 干旱胁迫对小麦旗叶活性氧代谢及灌浆速率的影响[J]. 西北植物学报,2003,23(12):2152-2156.
- [14] Boscaiu M, Estrelles E, Soriano P, et al. Effects of salt stress on the reproductive biology of the halophyte *Plantago crassifolia* [J]. *Biologia Plantarum*, 2005, 49(1):141-143.
- [15] 周琦,祝遵凌,施曼. 盐胁迫对鹅耳枥生长及生理生化特性的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2015,39(6):56-60.
- [16] 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J]. 植物生理学通讯,1991,27(2):84-90.
- [17] 吴敏,薛立,李燕. 植物盐胁迫适应机制研究进展[J]. 林业科学,2007,43(8):111-117.