

绒毛白蜡对 NaCl 胁迫的生理响应

刘 海 曼^{1,2}, 封 晓 辉^{1,2}, 刘 毅³, 张 秀 梅¹, 王 玉 珍¹, 刘 小 京¹

(1. 中国科学院 遗传与发育生物学研究所 农业资源研究中心, 中国科学院 农业水资源重点实验室, 河北 石家庄 050022;

2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 南大港管理区农科所, 河北 沧州 061103)

摘 要:以新品系耐盐优株绒毛白蜡(*Fraxinus velutina*)和普通绒毛白蜡为试材,在盆栽条件下用质量浓度为 0、1、2、3、4、5、6、7 g·kg⁻¹的 NaCl 溶液进行胁迫处理,测定了胁迫后根、茎、叶中 Na⁺、K⁺ 含量以及生物量、光合指标、可溶性糖等生理指标,探讨白蜡在 NaCl 胁迫下的生理响应。结果表明:所选育的新品系白蜡比普通绒毛白蜡耐盐性更强;耐盐机制以聚盐和增加植株内可溶性糖含量为主。耐盐优株白蜡耐盐阈值为 5 g·kg⁻¹,较普通白蜡高 1 g·kg⁻¹,随着进一步的选育,绒毛白蜡可作为环渤海盐碱地区绿化的优良树种。耐盐优株白蜡对 Na⁺ 吸收随 NaCl 浓度增加而增加,在各器官积累量随浓度增加有相应变化,在 1~3 g·kg⁻¹ 处理中为根>茎>叶,4 g·kg⁻¹ 及以上处理中为叶>茎>根。Na⁺ 在耐盐优株白蜡体内总积累量高于普通白蜡,低盐浓度在根部聚集,高盐浓度在叶中聚集,聚盐作用显著。耐盐优株白蜡在盐胁迫条件下,植株内可溶性糖含量显著高于普通白蜡,并随 NaCl 浓度升高显著增加。

关键词:盐渍化;绒毛白蜡;NaCl 胁迫

中图分类号:S 688 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)10-0070-06

土壤盐渍化是干旱和半干旱地区制约土地生产力的主要因素。在盐渍化地区,盐分是制约植物生长的主要环境因素^[1]。盐胁迫不仅对植物造成渗透胁迫,也导致离子稳态的破坏,造成离子毒害和矿质营养缺乏。盐渍环境中,Na⁺ 是主要的有害离子,当外界浓度高时,Na⁺ 会顺着电化学势梯度被动运输到植物体内,胞质中过多的 Na⁺ 会破坏胞内离子稳态,引起生物膜功能紊乱,抑制许多胞质酶的活性和细胞代谢,进而影响细胞分裂、生长、发育和光合。耐盐植物在长期的进化中逐渐形成各种机制适应外界的盐胁迫,例如,有选择的积聚或释放离子、控制离子从根部到叶片的运输^[2],渗透调节物质(如可溶性糖、脯氨酸、甜菜碱等^[3])的合成等^[4-5]。

近年来,随着环渤海地区经济快速发展,滨海盐碱地的绿化日益受到重视。由于滨海盐碱地土壤含盐量

高,一般植物难以生长,需改良后方能利用。盐碱地的改良措施有水利改良、化学改良、农业改良和生物改良^[6],考虑到工程量及预算等因素,生物改良盐渍土技术越来越受到关注。目前耐盐绿化植物的种类多为灌木和草本植物,缺少大乔木,因此亟待培育耐盐的乔木树种。

绒毛白蜡(*Fraxinus velutina*)属木犀科(Oleaceae)白蜡属(*Fraxinus* Linn.)落叶乔木^[7],原产地美国,生长快、抗盐碱是唯一盐碱地造林大乔木树种^[8],是营造用材林、城市绿化和防护林的优良树种,已成为环渤海盐碱地重要的园林绿化树种。目前对绒毛白蜡的研究主要侧重于生态习性、造林试验方面、对其耐盐机理方面的研究相对较少^[9-10]。现以普通绒毛白蜡和耐盐绒毛白蜡株系为试材,研究了盐分胁迫对其生长和生理的影响,以期为进一步了解木本植物对盐分的响应机理和选育高耐盐株系提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验以普通绒毛白蜡和耐盐绒毛白蜡株系为试材。普通绒毛白蜡选自当地;耐盐绒毛白蜡选自于种植在海兴滨海重盐碱地(含盐量 0.6%)留存的一株白蜡,经组培繁殖获得。

1.2 试验方法

绒毛白蜡和绒毛白蜡耐盐株系经过组织培养得到

第一作者简介:刘海曼(1991-),女,河北石家庄人,硕士研究生,研究方向为盐渍区水土资源高效利用。E-mail:809529815@qq.com.

责任作者:刘小京(1966-),男,河北宁晋人,研究员,现主要从事缺水盐渍区水土资源高效利用等研究工作。E-mail:xjliu@sjiam.ac.cn.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2013BAC02B01)。

收稿日期:2016-02-15

的均匀一致的营养钵苗(平均高度 10 cm,地径 2.0 mm),栽植到营养盆中(直径 15 cm,深度 15 cm),每盆 1 株。营养盆的土壤重量为 2.5 kg,生长 10 d 后,用不同浓度的 NaCl 溶液进行浇灌。试验共设 8 个处理,通过分期灌溉,使营养盆的土壤 NaCl 含量分别为 0、1、2、3、4、5、6、7 g·kg⁻¹,每处理重复 4 次。每个花盆都放在单独的托盘中,渗出的水重新倒回盆中。定期浇水,以保持适当的含水量。定期观察 2 种白蜡的叶片受害特征。

1.3 项目测定

1.3.1 植物生长指标测定 胁迫处理 35 d 后收获,植物样品洗净擦干后分别测量株高、地径以及根、茎、叶各部分的生物量,扫描全部叶片,计算叶面积、比叶面积。

1.3.2 植物叶片光合参数测定 胁迫处理 20 d 后,09:00 开始测定光合参数。测定仪器为 LI-6400 光合仪(LI-COR, Lincoln, NE, USA)。采用 LED 红/蓝光源、光强 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、气体流速为 300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。选取上部叶片进行测定。

1.3.3 植物根、茎、叶中 Na⁺、K⁺ 含量测定 胁迫处理 35 d 后,取植物根、茎、叶样品称量鲜重,105 °C 杀青 30 min,80 °C 烘干 48 h 至恒重,烘干后的样品磨碎并置于 1 mmol·L⁻¹ HCl 震荡浸提 2 h,用蒸馏水定容后,用原子吸收光谱仪(WYX-420C, JASCO Corporation, Japan)测定 Na⁺、K⁺ 含量。

1.3.4 叶片可溶性糖含量测定 将研碎后的样品浸提,采用蒽酮显色法测定白蜡叶片的可溶性糖含量。称 0.5 g 样品,放入试管中,再加 20 mL 蒸馏水,将试管放入沸水浴中,提取 15 min,冷却后,用移液枪吸取上清液 0.25 mL 加入另一只试管中,加 0.5 mL 蒽酮乙酸乙酯试剂后,沿试管壁缓慢的加入 5 mL 浓硫酸,摇匀。置沸水浴中保温显色 15 min。取出冷却后,用分光光度仪于 620 nm 波长下比色,以空白试验作参比读出光密度,查用标准蔗糖溶液绘制的标准曲线,即可求出可溶性糖的含量。

1.4 数据分析

数据采用 SPSS 22.0, Excel 2010 软件进行处理分析,采用 Sigmaplot 12.5 软件作图。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫对绒毛白蜡生长的影响

试验结果表明,普通白蜡生长快,耐盐性低,在盐胁迫环境中表型生长变化不显著,不能适应高盐浓度环境;耐盐白蜡生长慢,但耐盐性强,随着盐胁迫程度加强有显著的表型生长变化,适应高盐浓度的土壤环境。

由表 1 可知,随着土壤中 NaCl 含量的升高,普通白蜡的株高和地径在 1 g·kg⁻¹ 的盐胁迫处理中相比对照降低 8.3%,增加胁迫强度后无明显下降,降低差异不显著,在 5 g·kg⁻¹ 处理中干枯死亡。耐盐白蜡的株高降低明显,1 g·kg⁻¹ 处理中株高相比对照下降 18.7%,地径相比对照升高 3.5%;5 g·kg⁻¹ 处理中株高和地径相比对照分别下降了 31.1% 和 33.7%,差异显著。

表 1 白蜡株高和地径

Table 1 Plant height and ground diameter in *F. velutina*

NaCl 含量 NaCl content /(g·kg ⁻¹)	株高 Plant height/cm		地径 Ground diameter/cm	
	普通 CK	耐盐 S	普通 CK	耐盐 S
0	21.00±6.48ab	22.75±3.59a	4.19±0.88a	3.95±0.54ab
1	19.25±3.50bc	18.50±1.91bc	3.86±0.45ab	4.09±0.49a
2	18.75±5.12bc	19.00±3.37bc	3.83±0.61ab	3.47±0.34bc
3	18.50±5.20bc	16.75±4.11c	3.77±0.88abc	3.22±0.54cd
4	19.00±1.41bc	16.50±3.70c	3.69±0.05abc	2.86±0.20d
5	干枯死亡	15.67±3.06c	干枯死亡	2.62±0.30d

注:不同字母表示在 0.05 水平上存在显著性差异。下同。

Note: Different letters indicate significant difference stages at 0.05 level. The same as below.

由图 1 可知,普通白蜡叶面积在 1 g·kg⁻¹ 处理比较对照降低 35.8%,4 g·kg⁻¹ 处理中降低 30.1%。在胁迫处理中,随 NaCl 浓度增加无显著变化;在 4 g·kg⁻¹ 及以上处理中离子毒害症状显著,大面积斑状叶面干枯,叶片凋落根系死亡。

耐盐优株白蜡叶面积在 1 g·kg⁻¹ 处理中相较对照降低 18.3%,降低百分比低于普通白蜡,4 g·kg⁻¹ 处理中降低 41.4%,随 NaCl 浓度增加降低趋势显著,在 5 g·kg⁻¹ 处理中仍有叶片存活,在高浓度 NaCl 处理中叶片脱落,根系仍然成活;在 6 g·kg⁻¹ 处理中叶片脱落

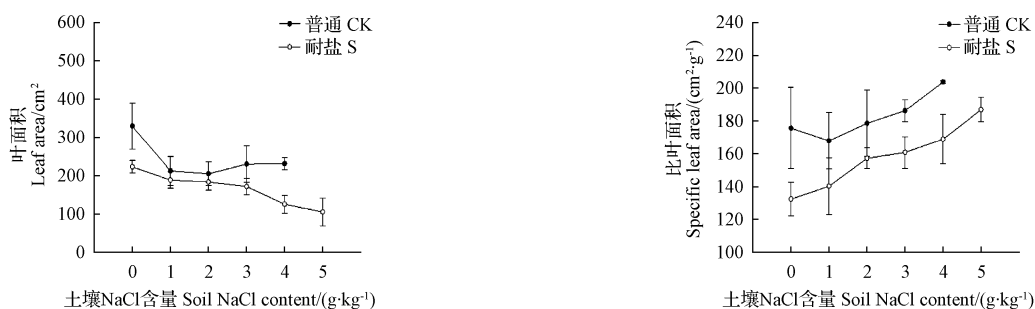


图 1 NaCl 浓度对白蜡叶面积、比叶面积影响

Fig. 1 Effect of NaCl content on leaf area and specific leaf area diversification

后根系仍然成活,在盐胁迫解除后能继续正常生长。在 $7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 中 2 种白蜡均无一成活,全部干枯死亡。

2 种白蜡的单株生物量在对照处理中最高,且普通白蜡的生物量要高于耐盐白蜡,分别为 5.4 g 和 4.8 g 。而随着 NaCl 含量的升高 2 种白蜡的生物量都逐渐下

降,耐盐白蜡的下降趋势较明显,而普通白蜡的下降趋势不明显,由图 2 可知,在 $4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的处理中耐盐白蜡和普通白蜡的单株生物量相较于对照处理分别下降了 61% 和 25%。根、茎、叶部的生物量同样是耐盐白蜡的下降趋势较为明显。

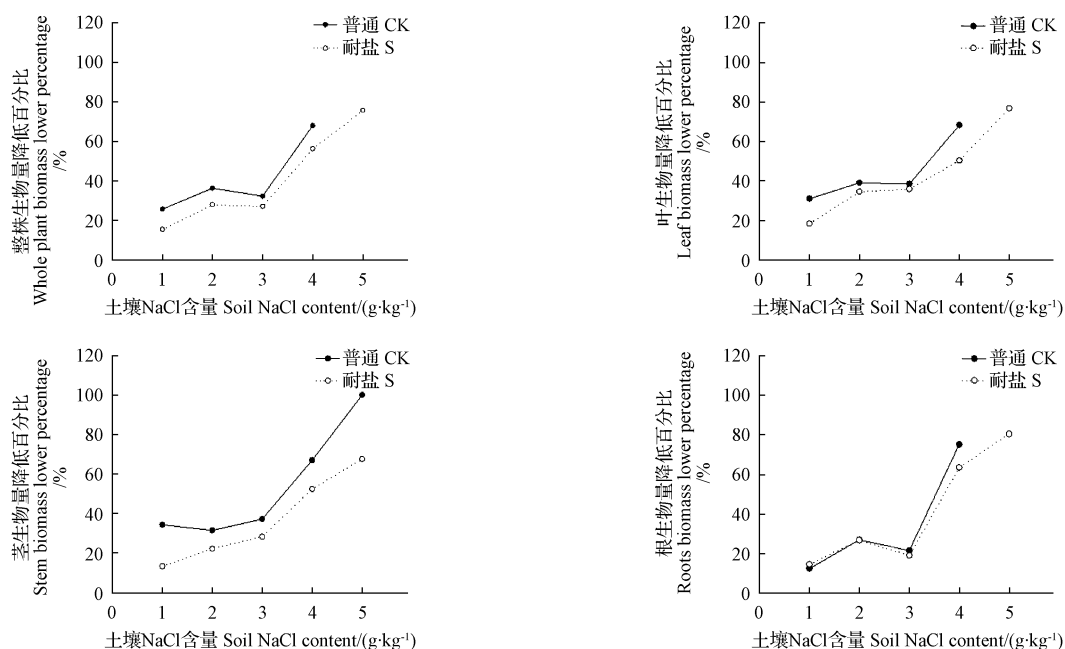


图 2 不同土壤含盐量中 2 种白蜡生物量降低百分比

Fig. 2 Biomass reduce percentage of two kinds *F. velutina* in different soil salt content

2.2 NaCl 胁迫对绒毛白蜡光合作用影响

由图 3 可知,2 种白蜡的光合速率均随着土壤 NaCl

含量的升高逐渐降低。在 $0 \sim 3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的处理中耐盐白蜡光合速率变化差异不显著,普通白蜡在 $3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$

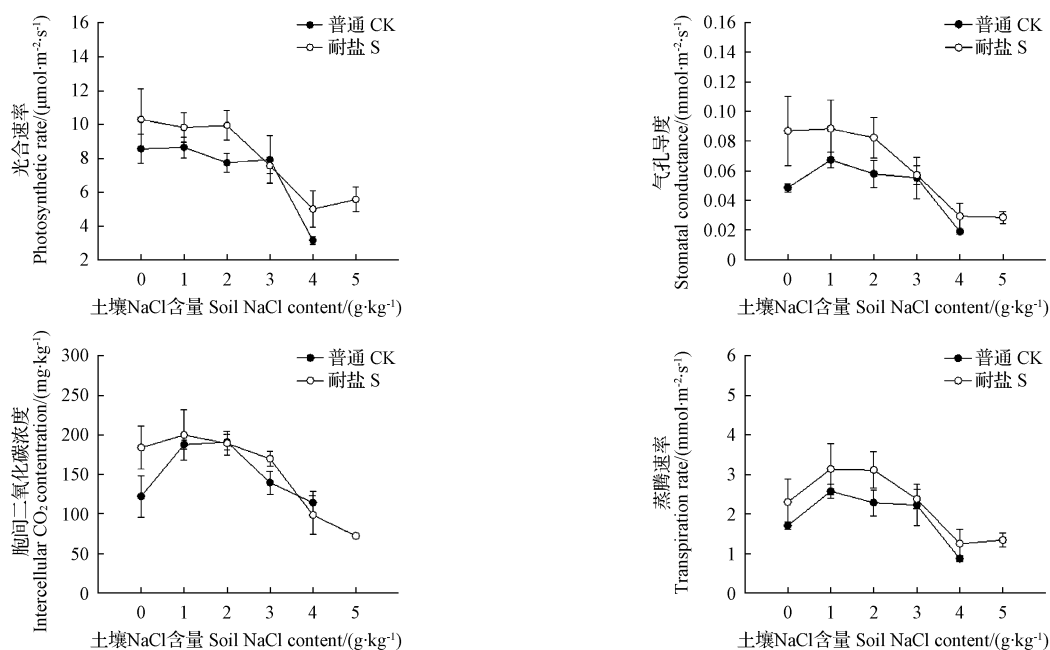


图 3 在不同含盐量土壤中 2 种白蜡叶片的光合特征

Fig. 3 Photosynthetic characteristics of two kinds of *F. velutina* in different soil salt content

的处理中降低了约 $3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。 $3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上的处理中, 2 种白蜡的光合速率均大幅下降, $4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的处理中光合速率仅有 $3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下处理的 20%; 2 种白蜡的气孔导度与光合速率相对应, 光合速率的下降是气孔限制造成的。蒸腾速率随着含盐量的升高呈先升高后下降的趋势, $1 \sim 2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的含盐量会促进植株的蒸腾, 普通白蜡在 $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上的处理中蒸腾速率急剧下降, 耐盐白蜡的下降浓度则是 $3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2.3 NaCl 胁迫对绒毛白蜡 Na^+ 、 K^+ 含量影响

由图 4 可知, 耐盐优株白蜡的根部 Na^+ 含量随土壤 NaCl 含量的增加呈上升趋势, 在 $1 \sim 3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理中分

别占总量的 58%、67%、41%, 耐盐优株白蜡的根部富集了大量的 Na^+ , 相比在对照处理中的 37% 显著增加 ($P < 0.05$), 直到在 $4, 5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 中根部 Na^+ 含量下降, 叶部含量上升, 分别达到了 55% 和 63%。普通白蜡在有盐胁迫时相比对照全株含量上升 50%, 在 $1 \sim 4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理中各部含量无显著变化, 在 $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 及以上处理中叶片凋落。

由图 5 可知, 耐盐优株白蜡的 K^+ 含量在 $2 \sim 4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的处理中能够保持相对稳定, 全株 K^+ 含量为 $4.26 \sim 4.61 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 保持了稳定的含量, 并且在高盐含量 (NaCl 含量 $\geq 5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 仍能保持稳定的 K^+ 含量, 维持了植株叶片的正常生长, 保证了稳定的全叶干质量。

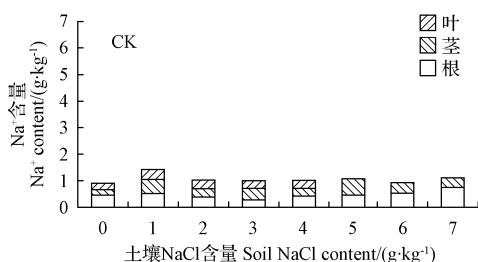


图 4 2 种白蜡在不同含盐量土壤中的 Na^+ 离子含量

Fig. 4 Na^+ content of two kinds *F. velutina* in different soils salt content

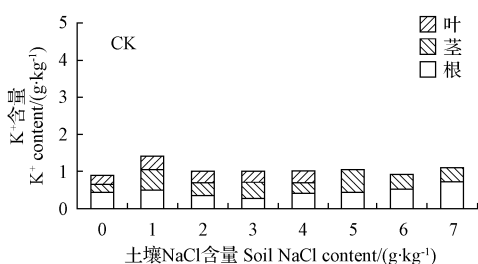


图 5 2 种白蜡在不同含盐量土壤中的 K^+ 离子含量

Fig. 5 K^+ content of two kinds *F. velutina* in different soils salt content

表 2 2 种白蜡各部位 Na^+/K^+

Table 2 Na^+/K^+ in two kinds *F. velutina* of each part

2 种白蜡各部位 Na^+/K^+						
Na^+/K^+ in two kinds <i>F. velutina</i> of each part						
NaCl 含量 NaCl content /($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	根 Root		茎 Stem		叶 Leaf	
	CK	耐盐 Salt tolerance	CK	耐盐 Salt tolerance	CK	耐盐 Salt tolerance
0	0.39	0.55	0.16	0.38	0.12	0.15
1	0.32	1.40	0.26	0.43	0.15	0.16
2	0.40	1.56	0.31	0.44	0.16	0.17
3	0.27	0.90	0.28	1.00	0.14	0.18
4	0.42	0.37	0.25	1.19	0.15	0.13
5	0.33	1.90	0.36	2.10	凋落	凋落

2.4 NaCl 胁迫对绒毛白蜡可溶性糖含量的影响

由图 6 可知, 在对照条件下, 耐盐优株白蜡和普通白蜡的叶片可溶性糖含量基本相同, 分别为 $38.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $37.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。在 NaCl 胁迫条件下, 耐盐白蜡的叶片可溶性糖含量显著高于普通白蜡, 并随着土壤含盐量的

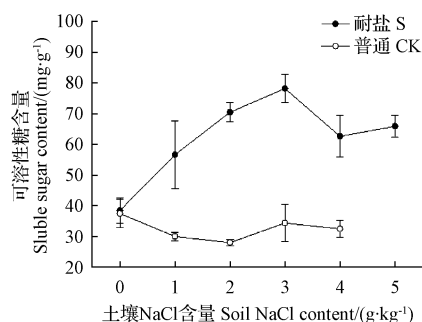


图 6 在不同含盐量土壤中 2 种白蜡叶片可溶性糖含量

Fig. 6 Salt soluble sugar content of two kinds *F. velutina* in different salt content

升高呈上升趋势。

可溶性糖在植物体内起到抗逆调节作用, 普通白蜡的可溶性糖含量随土壤含盐量增加无显著变化, 并且

0~3 g·kg⁻¹的处理中有小幅减少,在4 g·kg⁻¹处理中下降了13%。耐盐优株白蜡的可溶性糖含量则随着土壤含盐量的增加有显著升高趋势,在3 g·kg⁻¹的处理中增幅达到100%,在0~3 g·kg⁻¹的处理中几乎随着土壤NaCl含量的升高呈线性变化,土壤含盐量的增加促使耐盐白蜡植株的可溶性糖含量增加。

3 讨论与结论

盐胁迫下,保持胞内离子平衡是植株正常生长的关键。离子的选择性吸收和区域化分布是植物自身调节离子平衡的重要手段,通过将过量的盐离子限制在液泡中或区域化分布在不同组织中,来限制主要光合器官的盐浓度,保证植株正常进行光合、代谢。在土壤NaCl含量高于1 g·kg⁻¹时,耐盐优株白蜡根部Na⁺含量显著高于茎叶部分,该结果表明,耐盐优株能通过根系富集Na⁺来减轻地上部分所受离子毒害。土壤NaCl含量高于4 g·kg⁻¹时,K⁺含量能随盐胁迫强度的提升而显著增加。耐盐优株白蜡通过增加K⁺来抑制Na⁺过多进入,并减缓地上部运输更多的Na⁺,来维持地上部离子平衡,从而缓解盐胁迫的伤害。因此,Na⁺含量迅速增加,但其依然能保持正常的生理活性,并能保持较为稳定的全叶干质量,直至NaCl含量达到6 g·kg⁻¹时才有明显发黄枯萎迹象。可见,在NaCl胁迫下,耐盐优株白蜡可通过提高离子的吸收及运输的选择性,及时有效的调控离子在器官间的区域化分布,减少盐害离子向光合器官的运输,保持光合器官K⁺含量较高,降低NaCl胁迫对植株的伤害。这与陈贵林等^[11]的研究结果一致,是一种植物适应盐渍生境的有效手段。

随土壤NaCl含量升高,耐盐优株白蜡生物量大幅下降、根系活力增强。这些生理上的变化表明,优株白蜡在通过消耗体内营养物质以提高抗盐能力。生物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之一。植物在盐碱、干旱等逆境下进行渗透调节及渗透势的维持需要耗能,而这种能量消耗常表现为植物体内干物质从积累到消耗的转变^[12]。而从耐盐优株白蜡的株高、地径及叶面积等数值上可以看出耐盐优株白蜡有肉质化趋势,通过形态上的改变来适应高盐环境。肉质化是指植物器官的薄壁细胞组织大量增生,细胞数目增多,体积增大,可以吸收和贮存大量水分,从而导致单位重量或体积组织含水量显著增加^[13]。

糖代谢是植物的基本代谢,对植物抗逆性有着重要的作用。可溶性糖是一种渗透调节物质^[14],可溶性糖的增加可以维持细胞的膨压,降低植物体内的渗透势,有利于植物在逆境中维持体内正常的所需水分,提高植物的抗逆适应性。同时可溶性糖也是合成其它有机溶质的碳架和能量来源,对细胞膜和原生质胶体起稳定作用。许多研究表明,逆境胁迫下,植物积累的可溶性糖越多,其抗逆

性越强。该试验结果显示,耐盐优株白蜡的可溶性糖含量随NaCl处理浓度增加呈显著上升趋势,在较高含盐量(NaCl≥1 g·kg⁻¹)处理中,耐盐优株白蜡植株正常生长,根系活力和生物量也保持在正常水平。可溶性糖维持较高水平并持续增长,表明可溶性糖作为渗透调节物质在保证植株生长,减轻盐害方面有着重要作用;同时可见渗透物质的积累能力也是植物耐盐性的一个指标。

试验结果表明,普通白蜡对高盐浓度环境的适应能力差,随着NaCl浓度升高,形态特征和生理过程均出现断崖式下降,在高浓度盐胁迫下叶片凋落根系干枯死亡。普通白蜡耐盐阈值为4 g·kg⁻¹。耐盐优株白蜡耐盐阈值为5 g·kg⁻¹,相比于普通绒毛白蜡叶片浓绿,在低盐条件下的生长速率较低,但耐盐能力强,可缓慢生长积聚盐分,起到生物改良盐渍土的作用。耐盐优株白蜡在受到盐胁迫时通过增加渗透调节物质可溶性糖浓度使细胞的渗透势降低来适应盐渍环境,同时在植株体内聚集盐分,聚盐作用明显,是典型的耐盐植物抗盐胁迫机制。耐盐优株白蜡确实具有适应高浓度盐渍环境的能力,有强耐盐性,具有盐碱地绿化应用的潜力。随着进一步的选育,绒毛白蜡可作为环渤海盐碱地区绿化的优良树种。

参考文献

- [1] 李淑娟,詹亚光,杨传平,等.混合盐胁迫对引种绒毛白蜡生长及相关生理指标的影响[J].东北林业大学学报,2010,38(1):15-17.
- [2] 孙景宽,陆兆华,夏江宝,等.盐胁迫对二色补血草光合生理生态特性的影响[J].西北植物学报,2013,33(5):992-997.
- [3] 赵江涛,李晓峰,李航,等.可溶性糖在高等植物代谢调节中的生理作用[J].安徽农业科学,2006,34(24):6423-6425.
- [4] 刘桂民,尹国良,王振猛,等.白蜡优良无性系的抗逆性能评价[J].中国农学通报,2012,28(28):34-38.
- [5] 张丽.3种白刺对盐胁迫的响应及耐盐机理研究[D].北京:中国林业科学研究院,2010.
- [6] 吴敏,曹帮华.盐胁迫下盐碱地和非盐碱地绒毛白蜡种子的发芽和生理特性研究[J].种子,2006,25(4):4-7.
- [7] 刘开平.绒毛白蜡优良无性系栽培技术[J].林业实用技术,2004(1):19.
- [8] 燕丽萍,刘翠兰,李丽,等.耐盐绒毛白蜡特异性SCAR分子标记的鉴定[J].西北植物学报,2014,34(4):671-675.
- [9] 徐明广,乔永进,田保状.绒毛白蜡对NaCl胁迫的反应与调节[J].山东林业科技,1992(3):14-18.
- [10] 吴永波,薛建辉,李火根.氯化钠处理下绒毛白蜡种苗的耐盐性[J].南京林业大学学报,2000,24(5):37-40.
- [11] 陈贵林,王晨霞,陈建英.NaCl胁迫对白刺试管苗渗透调节物质及离子含量的影响[J].西北植物学报,2009,29(6):1233-1239.
- [12] 朱泓,黄涛,刘勇军,等.NaCl胁迫对滨梅扦插苗生物量和水分积累的影响[J].西北植物学报,2015,35(2):356-363.
- [13] 赵可夫,邹琦,李德全,等.盐分和水分胁迫对盐生和非盐生植物细胞膜脂过氧化作用的效应[J].植物学报,1993,35(7):519-525.
- [14] 李志萍,张文辉.NaCl胁迫对栓皮幼苗生长及其生理响应[J].西北植物学报,2013,33(8):1630-1637.

黄花委陵菜生殖特征研究

李 阳, 李 倩, 毛 少 利

(陕西省西安植物园, 陕西 西安 710061)

摘 要:为研究黄花委陵菜生殖特征,以西安植物园内的 10 株黄花委陵菜为试材,调查分析了植株的地上生物量及其分配、种子数目、种子千粒重以及发芽率。结果表明:黄花委陵菜的生殖生长存在可塑性;黄花委陵菜通过提高地上生物量来提高生殖生物量,进而影响到种子千粒重;而种子千粒重显著影响到种子的发芽率。因此,在黄花委陵菜栽培管理过程中要注重提高地上生物量,以保证种子的产量和质量。

关键词:黄花委陵菜;种子;发芽率

中图分类号:S 681.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)10-0075-03

黄花委陵菜(*Potentilla aurea*)属蔷薇科委陵菜属多年生草本植物,直立,高 50~60 cm,分枝多,全株粗糙有毛。叶掌状 5~7 裂,裂片长圆形或披针形,边缘有粗锯齿。聚伞花序,花瓣 5 瓣,卵圆形,黄色,先端凹陷,花

期 4—5 月^[1]。黄花委陵菜喜干耐阴,抗干旱耐低温,在肥沃或者贫瘠的土壤中均能生长良好。因其适应性强,可粗放管理。花色鲜艳美丽、叶片翠绿茂密,适应在公园等地做缀花草坪、花境背景等点缀作用,是一种良好的地被植物。但目前对黄花委陵菜生长、发育和繁殖等方面的研究甚少。该试验通过田间调查和实验室培养等手段,研究了黄花委陵菜繁殖特征及其相关性,以期对黄花委陵菜管理提供理论依据,对黄花委陵菜的栽培、良种培育以及产业化发展也具有一定的参考价值。

第一作者简介:李阳(1982-),女,博士,助理研究员,现主要从事植物繁殖生态学等研究工作。E-mail:dove18@126.com。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31500393);陕西省科学院科技计划资助项目(2013K-01,2013K-20,2014K-24)。

收稿日期:2016-02-15

Physiological Response of *Fraxinus velutina* to NaCl Stress

LIU Haiman^{1,2}, FENG Xiaohui^{1,2}, LIU Yi³, ZHANG Xiumei¹, WANG Yuzhen¹, LIU Xiaojing¹

(1. Institute of Genetics and Developmental Biology Center of Agricultural Resources Research, Chinese Academy of Sciences/Key Laboratory of Agricultural Water Resources, Shijiazhuang, Hebei 050022; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. Agricultural Research Institute of Nandagang Management District, Cangzhou, Hebei 061103)

Abstract: Taking new strain salt tolerance *Fraxinus velutina* and normal *F. velutina* as experimental materials, pot culture were conducted to investigate the Na^+ , K^+ , biomass and water content changes of *F. velutina*, which were irrigated with NaCl stress concentration of $0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ mass concentration. The results showed that the selected new strain *F. velutina*'s salt-tolerance ability was better than the normal *F. velutina*; the main mechanism of salt tolerance was polysalt and increasing soluble sugar content. The salt tolerance *F. velutina* threshold was $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ higher than ordinary *F. velutina*. Along with further breeding, *F. velutina* could be used as a good greening tree species of the Bohai Sea salt-affected area. With salt stress concentration increased, Na^+ absorption of salt tolerance *F. velutina* increased, the fundamental order of accumulation in various organs changed with the salt stress concentration. In $1-3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, the order was root>stem>leaf; above $4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, the order was leaf>stem>root. The total accumulation of Na^+ in salt tolerance *F. velutina* was higher than normal *F. velutina*, when in low salt stress situation, Na^+ accumulate in root, accumulate in leaves in high salt stress situation, polysalt significantly. Under high-salt circumstance, the content of soluble sugar in salt tolerance *F. velutina* higher than the normal *F. velutina*, and increased with the increase of salt stress.

Keywords: salinization; *Fraxinus velutina*; NaCl stress