

## 野生白刺和碱蓬的叶水势、表皮解剖结构与耐盐性

杨静慧<sup>1, 2</sup>, 孟娜<sup>1</sup>, 左凤月<sup>3</sup>, 刘艳军<sup>1, 2</sup>, 李建科<sup>1, 2</sup>

(1. 天津农学院 园艺系, 天津 300384; 2. 天津市中日农村环境资源合作研究中心, 天津 300384;  
3. 西南大学 园艺园林学院, 重庆 400715)

**摘要:** 为了解强耐盐植物的植株解剖结构与耐盐性的关系, 以野生白刺和碱蓬为试材, 通过徒手制片法, 分析了叶气孔密度和开张度、表皮毛、细胞后含物和水势。结果显示: 盐胁迫下, 白刺叶水势是碱蓬的1.5倍, 气孔开张度是其2.7倍, 表皮毛数量是其26倍, 但气孔密度仅是碱蓬的57%。分析认为: 碱蓬耐盐与其水势较低、气孔关闭、水分散失少有关, 而且其肉质圆柱形叶容易维持较低的水势; 而白刺的耐盐与其叶片气孔密度低、表皮毛多、水分蒸发少有关, 而且其叶表皮细胞中大量的褐色后含物对细胞的保水、抗氧化和耐盐碱起到了重要作用。

**关键词:** 气孔密度; 气孔开张度; 表皮毛; 后含物; 盐生植物  
**中图分类号:** S718 **文献标识码:** A

## Leaf Water Potential, Anatomical Structure of Leaf Epidermis and Leaf Salt-tolerant Characteristics of Wild *Nitraria Tangutorum* B. and *Suaeda glauca* B.

YANG Jing-hui<sup>1,2</sup>, MENG Na<sup>1</sup>, ZUO Feng-yue<sup>3</sup>, LUI Yan-jun<sup>1,2</sup>, LI Jian-ke<sup>1,2</sup>

(1. Department of Horticulture, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China; 2. China-Japan (Tianjin) Collaborative Research Center for the Rural Environment and Resource, Tianjin 300384, China; 3. College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** In order to understand the relationship between the anatomical structure and the salt-tolerant characteristics of strong salt-tolerance plants, the stomatal density, stomatal aperture, epidermal hair, ergastic substance and water potential of the leaves of wild *Nitraria Tangutorum* B. and *Suaeda glauca* B. were measured by quick section and microscopic examination. The results show that *Nitraria* was 50% more on leaf water potential, 1.7 times more on stomatal aperture, 25 times more on epidermal hair, but 43% less on stomatal density than *Suaeda*. It was inferred that the salt tolerance of *Suaeda* should be relate to the decrease of water potential and the stomatal aperture in soft, succulent and rounded leaves, and *Nitraria* should be connected with the lower stomatal density and a lot of epidermal hair. Furthermore, a mass of brown ergastic substance in cells of *Nitraria* should play an important role on its water holding, antioxidation and salt tolerance.

**Key words:** stomatal density; stomatal aperture; epidermal hair; ergastic substance; salt-tolerant plant

白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.)是一种旱生型阳性植物和盐生植物, 它的适应性极强, 能耐旱、抗寒、抗风、耐高温、耐瘠薄, 且喜盐碱, 是荒漠地带沙地的主要建群植物, 被称为荒漠的卫士, 主要分布于天津、西北和东北沿海地区, 是优良的固沙植物和罕见的小果类野生优质果品。碱蓬(*Suaeda heteroptera* Kitog)也是一种具有极强生命力的野生盐生植物, 主要分布在中国北部的高盐地区, 如天津滨海等盐碱荒滩上。

这些盐生植物的强耐盐特性, 使其一直是人

们研究的重点。但是, 国内学者多侧重于植物的基础性研究, 大多研究都着重于植物的抗旱机理以及植物不同部位水势等尤其是叶水势的日变化特征及其与环境因子的关系<sup>[1]</sup>。然而, 有关植物水势等抗盐机理的研究却寥寥无几。关于白刺和碱蓬的研究也多着重于它们的耐盐生长和生理生化特性, 而其组织和器官的解剖结构与耐盐性和生理特性之间的关系研究较少。盐生植物在对盐渍环境的适应过程中形成了特有的结构。盐碱化土壤不但影响植物的生长, 而且诱导其形态和结构

收稿日期: 2013-03-01

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目“耐盐耐旱林、草资源高效培育技术集成及重盐碱地、旱荒地改良示范”(2011GB2A100003); 天津农学院科技发展基金项目“白刺耐盐生理、生化机制研究”(012N01)

作者简介: 杨静慧(1961-), 女, 甘肃兰州人, 教授, 博士, 主要从事园艺植物栽培、抗逆生理和分子育种研究。E-mail: jinghuiyang2@yahoo.com.cn.

发生变化<sup>[2]</sup>。土壤盐碱通常使根系吸收困难，造成植株生理干旱，使植株表现出矮化和旱生化<sup>[2]</sup>，使植物根、茎、叶的结构具有旱生结构的特点。本研究选择了两种强耐盐植物，比较了它们的叶表皮解剖结构及与耐盐性的关系，希望从植物结构上了解植物的耐盐机理。

### 1 材料与方法

野生白刺和野生碱蓬植株来自天津静海盐碱荒地。采用随机选择样株、随机取样的方法，采集植株中上部叶片。样株生长的土壤为粘壤土，土壤含盐量为0.35%，pH值为8.7。叶片水势采用小液流法测定。气孔开张度、气孔密度、细胞后含物和表皮毛观测采用临时制片和显微镜观测<sup>[3]</sup>，每种植物采集30个以上叶片。

### 2 结果与分析

#### 2.1 两种叶型植物的叶水势与耐盐性的比较

图1显示，白刺（0.45 mol/L）叶片细胞的水势高于碱蓬（0.30 mol/L），是碱蓬的1.5倍。也就是说，白刺的椭圆形叶（阔叶形）水势高于碱蓬的肉质圆柱形叶。

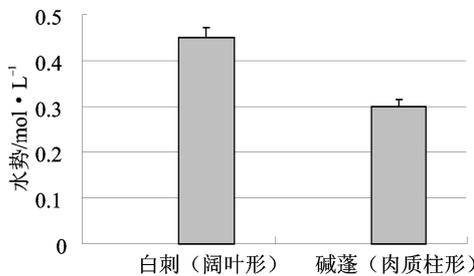


图1 盐胁迫下白刺和碱蓬叶片细胞水势

通常，植物叶片的水势与植物叶片的形态、结构有着密切的关系。韩文军等研究认为：阔叶植物叶片的水势大于肉质圆柱形叶<sup>[4]</sup>，这一研究结果与本文结果一致。

水势是反映植物水逆境最敏感的指标。水胁迫时，植物最迅速的反应是叶片水势的下降<sup>[5-6]</sup>。由于细胞中的水分是由水势高的细胞向水势低的细胞移动，因此，水势低的细胞具有更强的吸水能力。在盐胁迫下，白刺<sup>[7]</sup>和碱蓬<sup>[8]</sup>均会通过维持植物细胞中的水势来提高抗性，因此，本研究中碱蓬较低的水势对其维持细胞的吸水和提高耐盐能力有重要的意义。

#### 2.2 两种植物叶表皮气孔开张度的比较

图2和图3显示，盐胁迫下白刺叶片表皮细胞的气孔开张度较大，平均为2.24 μm/气孔，是碱蓬气孔开张度（0.84 μm/气孔）的2.7倍。

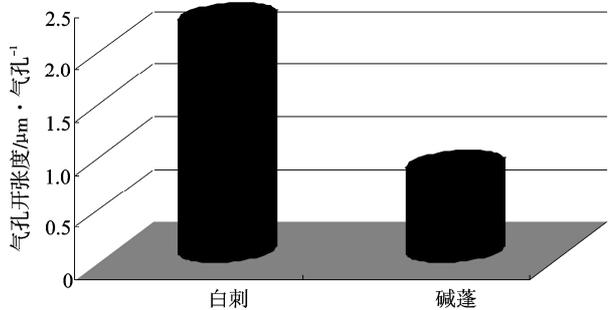


图2 盐胁迫下白刺和碱蓬叶片表皮气孔的开张度

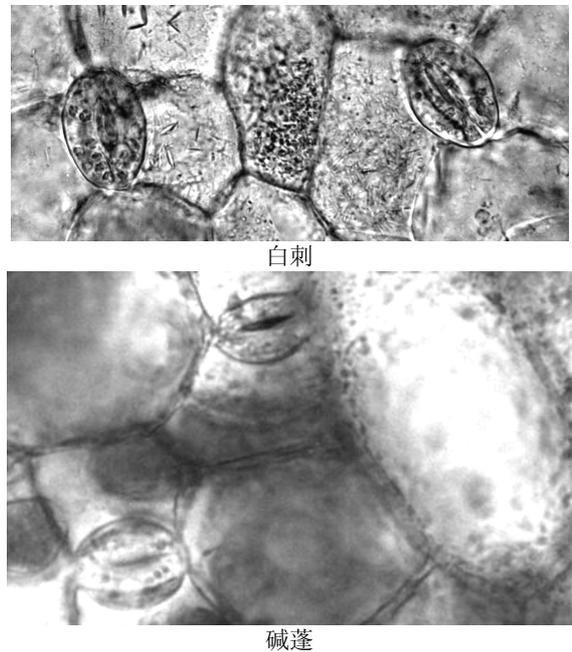


图3 白刺和碱蓬叶片气孔开张度

盐胁迫等水分胁迫可使许多植物叶片气孔不同程度地关闭<sup>[9-10]</sup>，使叶片的气孔开度减小<sup>[11]</sup>，这往往是植物表现出的对水胁迫的一种生理适应。气孔关闭会使气体交换速率减缓，光合速率和蒸腾速率下降；但是，气孔关闭会更强烈地抑制蒸腾速率，大大提高水分的利用率<sup>[12]</sup>，使植物的抗逆性增强。所以，与损失光合速率相比，降低蒸腾作用更为重要。从这个角度分析，碱蓬的气孔开张度低是对盐胁迫的一种适应。

通常，气孔开张度是和气孔导度相关的<sup>[13]</sup>。气孔导度的下降与叶水势的减小也是相关联的<sup>[1]</sup>。所以，结合图1和图2，碱蓬的气孔关闭可能是其叶水势降低的原因之一。

### 2.3 盐胁迫下两种植物叶片表皮的气孔密度

图4显示两种植物的气孔密度都较高, 其中碱蓬叶片的表皮气孔密度为119.57个/mm<sup>2</sup>, 高于白刺的气孔密度 (68.50个/mm<sup>2</sup>), 是白刺的1.75倍。

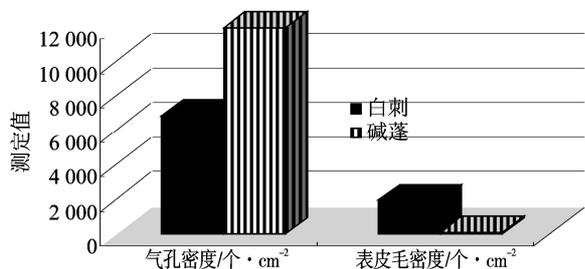


图4 白刺和碱蓬叶片气孔密度和表皮毛密度

水分胁迫会导致大多数植物叶片的气孔密度

增大<sup>[11]</sup>, 长时间盐胁迫会使基层的叶片气孔密度增加<sup>[10]</sup>, 并减少植物的叶面积, 改变叶片的组织结构, 降低植物的气孔导度和净光合速率<sup>[11]</sup>。这些变化往往是植物表现出的对水胁迫的一种形态上的适应<sup>[12]</sup>。因此, 碱蓬和白刺的叶片气孔密度较高可能是其对长期盐胁迫的一种适应(见图5)。

### 2.4 两种植物叶片表皮毛数量和后含物

图6(左)显示白刺的表皮上有大量的表皮毛。经显微镜下观测统计发现, 碱蓬的叶片表皮毛数量较少, 为75个/cm<sup>2</sup>, 仅仅是白刺 (1947个/cm<sup>2</sup>) 的3.4%。

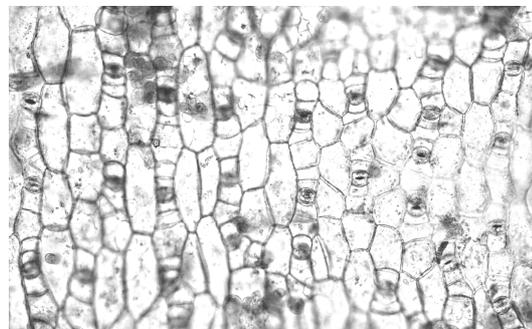
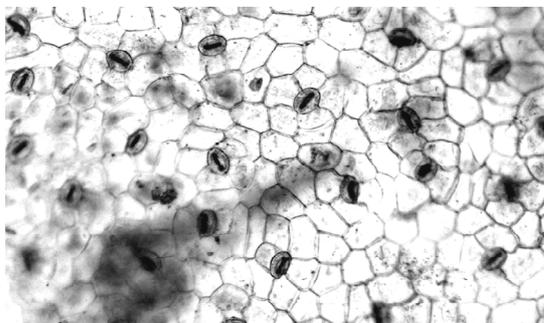


图5 白刺和碱蓬叶片气孔密度 (左: 白刺; 右: 碱蓬)

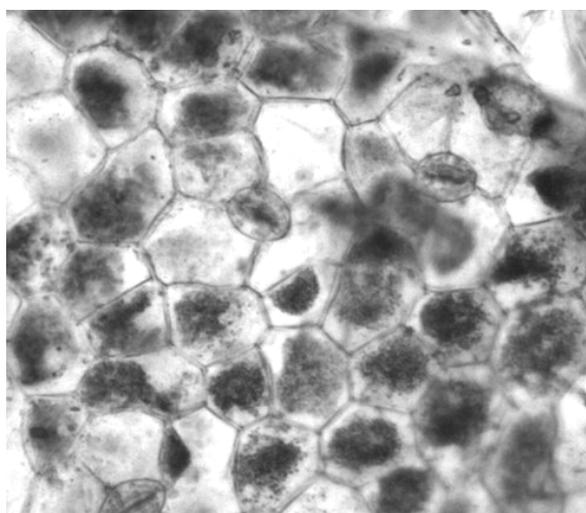
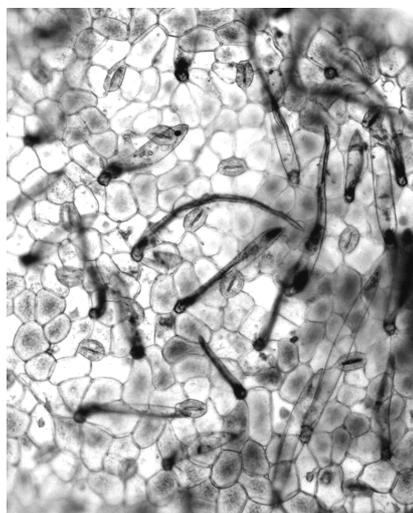


图6 白刺叶片的表皮毛 (左) 和细胞后含物 (右)

白刺和碱蓬都是极耐盐的盐生植物。但是, 两者无论是形态、结构, 还是耐盐机理上差异都较大。白刺叶表皮细胞的液泡中含大量的黄褐色颗粒或纤维状物质 (图6, 右), 而碱蓬细胞中很少。成铁龙也研究发现, 白刺茎细胞内有蜡质晶体颗粒或丝状填充物<sup>[14]</sup>。据分析, 这些物质有黄酮类及酚酸类化合物, 其中叶片中含量为

1.96%<sup>[15]</sup>, 果实中含量为1.1%~1.8%<sup>[16]</sup>。黄酮类物质主要有: 白色针晶状的3-甲氧基-4-羟基-反式桂皮酸、白色块状晶体的反式肉桂酸、黄色颗粒状结晶3, 5-二甲醚-山柰黄素-7-O-β-D-葡萄糖甙等<sup>[16]</sup>。

白刺细胞内大量的晶体填充物对增强植物的抗萎蔫能力及保水能力等有重要意义<sup>[14]</sup>。黄酮类

化合物是植物在长期的生态适应过程中为抵御恶劣生态条件、动物、微生物等攻击而形成的低分子量多酚类次生代谢产物<sup>[17]</sup>，具有抗自由基、抗氧化及保护细胞和组织等方面的生物学活性<sup>[18]</sup>。白刺细胞中的黄酮类物质具有对内皮细胞损伤的保护及修复作用，其机制与抗氧化作用有关<sup>[19]</sup>。

因此，白刺的耐盐与其叶片表皮中有大量的表皮毛和其细胞中含有大量的褐色物质有密切的关系。

参考文献：

[1] 付爱红, 陈亚宁, 李卫红, 等. 干旱、盐胁迫下的植物水势研究与进展[J]. 中国沙漠, 2005, 2(5): 744-749.  
 [2] 张凤娟. 盐生植物耐盐结构的研究现状[J]. 河北职业技术师范学院学报, 2003, 17(4): 75-78.  
 [3] 张伟玉, Yuji SAKAI, 杨扬, 等. 四种野生盐生植物解剖结构与抗旱耐盐性[J]. 广西植物, 2008, 28(5): 580-584.  
 [4] 韩文军, 春亮, 王育青. 阿拉善荒漠区主要盐生植物水势日变化[J]. 草业科学, 2011(1): 110-112.  
 [5] Zhu L H, Peppel A V D, Li X Y, et al. Changes of leaf water potential and endogenous cytokinins in young apple trees treated with or without paclobutrazol under drought conditions[J]. *Scientia Horticulturae*, 2004, 99(2): 133-141.  
 [6] 张国军. 盐胁迫对4种景天幼苗水势、荧光效率、丙二醛的影响[J]. 农业科技与装备, 2012(7): 3-6.  
 [7] 张丽. 3种白刺对盐胁迫的响应及耐盐机理研究[D]. 北京: 中国林业科学院, 2010.

[8] 黄慧灵. 八种抗碱盐生植物适应盐碱生境的渗透调节和离子平衡机制比较[D]. 吉林: 东北师范大学, 2011.  
 [9] 魏磊, 庞秋颖, 张爱琴, 等. 盐碱胁迫对角果碱蓬幼苗光合特性的影响[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(1): 32-35.  
 [10] 任安祥, 王羽梅. 盐胁迫对三色苋叶片气孔分化及关闭的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(3): 479-484.  
 [11] 王碧霞, 曾永海, 王大勇, 等. 叶片气孔分布及生理特征对环境胁迫的响应[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 122-126.  
 [12] 温国胜, 张明如, 张国盛, 等. 干旱条件下臭柏的生理生态对策[J]. 生态学报, 2006, 26(12): 4059-4065.  
 [13] Zhang S R, Ma K P, Chen L Z. Tempo spatial variations in stomatal conductance, aperture and density of *Ligustrum sinense* acclimated to different light environments[J]. *Acta Botanica Sinica*, 2002, 44(10): 1225-1232.  
 [14] 成铁龙. 中国白刺属植物微观结构与分子系统研究[D]. 北京: 中国林业科学院, 2010.  
 [15] 樊莲莲, 刘金荣, 赵文彬, 等. 唐古特白刺不同时期果实及叶所含黄酮的比较[J]. 中医药导报, 2007, 13(5): 7-9.  
 [16] 段金廛, 周荣汉, 赵守训, 等. 唐古特白刺叶黄酮类及酚酸类成分的分离鉴定[J]. 植物资源与环境, 1999, 8(1): 6-9.  
 [17] 佚名. 黄酮类化合物[EB/OL]. [2013-03-01]. <http://baike.baidu.com/view/145300.htm?wtp=tt>.  
 [18] 杨洁, 高峰林. 新疆狭叶薰衣草总黄酮抗氧化活性的研究[J]. 中国食品添加剂, 2010(2): 162-165.  
 [19] 樊莲莲, 唐慧, 张永军, 等. 白刺黄酮对高糖损伤内皮细胞的修复作用[J]. 中药药理与临床, 2010, 26(4): 21-22.



欢迎订阅 《天津农学院学报》

《天津农学院学报》是天津农学院主办的综合性农业科学学术刊物，国内统一刊号CN 12-1282/S，国际标准刊号ISSN 1008-5394。主要刊登农学、园艺、畜牧、兽医、水产、食品、农村工程、农业经济管理、社会科学和有关基础学科在教学、科研、技术推广等方面取得的新进展、新成就以及对科技兴农的论述。主要栏目有研究与简报、专论与综述、教育教学研究与管理、学术动态、科研简讯等。

本刊为季刊，每册定价7.00元，全年4期共32.00元（含邮包费）。

地 址：天津市西青区津静路22号天津农学院学报编辑部

邮 编：300384

联系电话：(022) 23783819

E-mail: xuebao@tjau.edu.cn