

四种野生盐生植物解剖结构与抗旱耐盐性

张伟玉¹, Yuji SAKAI², 杨 扬¹, 杨静慧^{1*}, 朱文碧¹, 刘艳军¹

(1. 天津农学院, 天津 300384; 2. 东京大学, 日本 东京 113-8656)

摘要: 为了解盐生植物的解剖结构与抗盐性和抗旱性的关系, 以二色补血草、草木樨、艾蒿、猪毛菜为材料, 通过徒手切片和显微观察了植物的叶、茎、腺毛、分泌腔、气孔、表皮毛分布和结构。结果显示: 猪毛菜的气孔密度低、气孔器小, 表皮毛密集, 叶面积小, 抗旱能力最强; 艾蒿的表皮毛长、浓密, 气孔密度较低、气孔较小, 抗旱性较强; 二色补血草表皮毛短、密集, 但气孔密度较高、气孔器较大, 抗旱性较差; 草木樨表皮毛短、稀疏, 气孔密度较高、气孔也较大, 抗旱性最差; 二色补血草有发达的内分泌和外分泌组织, 根系吸收的大量盐份积累在分泌腔中, 并通过盐腺排出叶片, 是排盐植物, 耐盐性强; 猪毛菜具有发达的内分泌组织, 有大量分泌腔, 且有粘液细胞和大量薄壁细胞, 是耐盐植物, 耐盐性强; 草木樨具有较多的盐腺, 是泌盐植物, 耐盐性较强; 艾蒿无盐腺等分泌组织。猪毛菜可以作为盐碱地“生物脱盐器”。

关键词: 盐生植物; 盐腺; 分泌腔; 抗旱性; 耐盐性

中图分类号: Q944 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2008)05-0580-05

Anatomical structure of four kinds of halophytes and their drought-resistant and salt-tolerant characteristics

ZHANG Wei-Yu¹, Yuji SAKAI², YANG Yang¹, YANG Jing-Hui^{1*},
ZHU Wen-Bi¹, LIU Yan-Jun¹

(1. Tianjin Agricultural College, Tianjin 300381, China; 2. University of Tokyo, Tokyo 113-8656, Japan)

Abstract: Anatomical structure of leaves and stems of four kinds of halophytes (*Limonium bicolor*; *Melilotus suaveolens*; *Artemisia argyi* and *Salsola collina*) were researched in order to understand the relation between anatomical structure of plants and drought-resistant and salt-tolerant characteristics by setting-up cutting slice and microscope observation. The results showed that: drought-resistant characteristics of *Salsola collina* was the strongest since its stoma density, stoma size, leaves area were the lowest and its epidermis hair density was more. Since stoma size, stoma density of *Artemisia argyi* were lower and its epidermis hair density was more, epidermis hair was longer, its drought-resistant characteristics was stronger. The epidermis hair density of *Limonium bicolor* was more, but epidermis hair was shorter, stoma density was more and stoma size was bigger. Therefore, its drought-resistant characteristic was weaker. The characteristic of *M. suaveolens* was the weakest because its stoma density, stoma size was higher, epidermis hair density was lower and epidermis hair was shorter. There were more exudation tissue, salt tentacle, exudation cavity in *L. bicolor* which was excretion salt plant and strongest salt-tolerant characteristic. The internal secre-

收稿日期: 2007-08-20 修回日期: 2008-02-11

基金项目: 天津市自然科学基金(023614211, 05YFJMJC14400); 天津市科委科技支撑项目(07ZCKFNC01100); 天津市农业科技成果转化与推广项目(0504018); 国际合作项目(天津—东京大学)[Supported by Municipal Natural Science Foundation of Tianjin City(023614211, 05YFJMJC14400); Science and Technology Supporting Program of Scientific Commission of Tianjin City(07ZCKFNC01100); Agricultural Science and Technology Achievements Transformation and Spreading Item of Tianjin City(0504018); International Co-operation Item of Tianjin City and Tokyo University]

作者简介: 张伟玉(1963-), 男, 甘肃天水人, 博士生, 副教授, 从事农业工程研究。

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: jinghuiyang2@yahoo.com.cn)

tion tissue was more, such as exudation cavity in *S. collina* and with thinner wall cells and mucus cells. Therefore, *S. collina* was stronger salt-tolerant plant. There were more salt tentacles in *M. suaveolens*, which was eduction salt plant and stronger salt-tolerant characteristic. There was not any secretion tissue in *Artemisia argyi*. Therefore, *S. collina* may be used as biological ameliorant of salt soil.

Key words: hapophytes; salt tentacle; exudation cavity; drought-resistant characteristic; salt-tolerant characterisitc

根据盐生植物的抗盐生理机制及其形态结构和生态学特征,可将盐生植物区分为真盐生植物(eu-halophyte)、泌盐盐生植物(recretahalophyte)和假盐生植物(pseudohalophyte)三种类型,每一种类型都有其独特的形态结构、生理功能和生态特征。如泌盐盐生植物体中具有特殊的泌盐结构——盐腺或盐囊泡,可将植物体内过多的盐分排到体外,故能很好地适应盐渍生境(赵可夫,1993)。为了发展海水灌溉农业,开发利用盐碱地,栽培、选育耐盐植物新品种,及其从野生植物中发掘耐盐植物种类,研究盐生植物解剖结构与耐盐性和抗旱性的关系有重要意义。中国地域广阔,有多种盐生植物的分布,但是,对泌盐盐生植物的结构系统研究很少(赵可夫等,2002)。二色补血草、草木樨、艾蒿、猪毛菜都是典型的盐生植物,具有特殊的耐盐性和抗旱性。所以,本文观察了这四种有代表性植物叶片、茎的解剖结构,分析了其解剖结构与植物抗盐和抗旱性的关系,为耐盐和抗旱育种提供理论依据。

1 实验材料和方法

1.1 实验材料

草木樨(*Melilotus suaveolens*)、艾蒿(*Artemisia argyi*)、猪毛菜(*Salsola collina*)种子均采自天津西青区盐碱荒地。二色补血草(*Limonium bicolor*)

种子采自甘肃天水市北山荒地。

1.2 实验方法

上述种子在实验室播种于盆中,植株在温室中生长2个月后进行形态观察。叶片外分泌物如盐粒等用解剖镜直接观察。用徒手切片法切取植物茎、叶片的横切面和纵切面,制成临时切片在显微镜下观察。用透明胶布粘贴植物叶片上、下表面,轻轻撕下叶片表皮,在显微茎下观察其叶片气孔密度及气孔结构,并用显微镜和测微尺测定气孔大小,每种植物采集10个叶片,随机测定30个视野求其平均值。

2 结果与分析

2.1 二色补血草叶片解剖结构

二色补血草是多年生草本植物,为盐碱地拓荒植物。其叶片表面有密集的表皮毛,主要集中在下表皮(表1),有发达的大型圆形盐腺和分泌出的大量盐粒(表1,图1)。盐腺体积较大,平均直径可达60.8 μm。盐腺是由4个大型的基细胞和4个较小的帽细胞即分泌细胞组成。基细胞排列成环状,4个帽细胞紧密镶嵌在4个基细胞中央,并上凸,每个帽细胞顶端有一个泌盐孔(图2:A,B)。与空气接触的基细胞外壁角质层加厚。基细胞收集盐,然后通过帽细胞的泌盐孔排出体外。

二色补血草叶片的上、下表皮有较为密集的表

表 1 各盐生植物叶片结构、分泌组织比较
Table 1 Structure and secretion tissue of four kinds of hapophytes leaves

种名 Species	叶片气孔密度 Stomatal density (个/mm ²)	保卫细胞长径短径比值 Ratio of length to width of guard cell	保卫细胞长径(μm) Length of the guard cell	表皮毛 Epidermal hair	叶片大小形状 Leaf size and shape	外分泌组织 Exocrine tissue	内分泌组织 Endocrine tissue	分泌组织数量 No. of secretory tissue	分泌结构大小 Size of the secretory structure
二色补血草 <i>Limonium bicolor</i>	494	2/1	3.82	短、较密	叶片大、长倒卵形	发达的盐腺	发达的分泌腔	多	中等
草木樨 <i>Melilotus suaveolens</i>	435	2.8/1	2.5	短、稀疏	叶片小、小叶椭圆形	较发达的盐腺	无	较多	较小
艾蒿 <i>Artemisia argyi</i>	296	2.6/1	3.25	长、密	叶羽状裂、裂片小	无	无	无	无
猪毛菜 <i>Salsola collina</i>	237	3.2/1	1.8	短、密	叶圆柱形,小	无	发达的分泌腔	多	较大

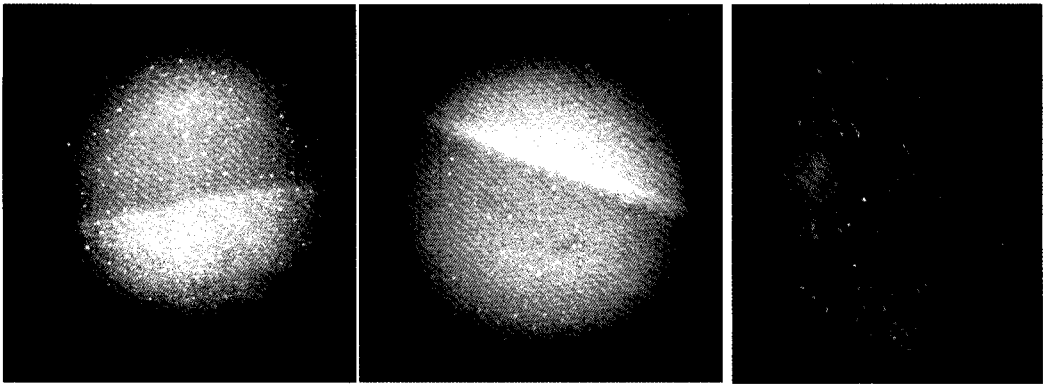


图 1 二色补血草叶片上下表面泌盐现象(左、中图 4 倍,右图 10 倍)
Fig. 1 Secreted salt grain on leaf upper surface and underside of *Limonium bicolor*

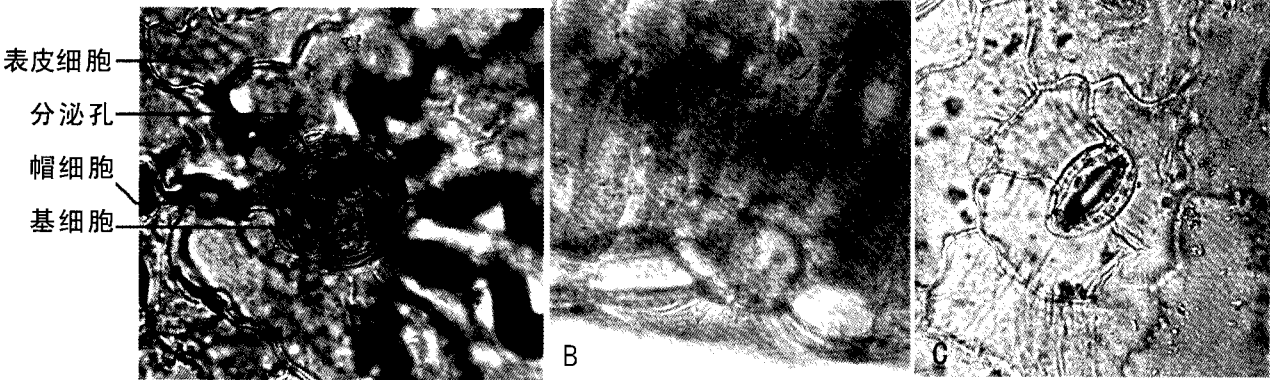


图 2 二色补血草叶片表皮上的盐腺(4×100 倍)(A,B)及叶片气孔(10×40 倍)(C)
Fig. 2 Salt tentacle on leaf epidermis and stoma on leaves of *Limonium bicolor*



图 3 二色补血草叶柄中的分泌腔(纵剖面,A. 4×10 倍,B. 4×40 倍)及叶柄表面的表皮毛(C. 横剖面,4×10 倍)
Fig. 3 Secretion cavities in stems and epidermis hair on stem surface of *Limonium bicolor*

皮毛。上表皮气孔明显少于下表皮。气孔器保卫细胞半月型(图 2:C)。

二色补血草叶柄的薄壁组织中有密集的分泌腔(图 3:A,B)、呈椭圆形,是由多个分泌细胞组成的腔室,分泌物贮存在腔室内。叶柄的表面有表皮毛(图 3:C)。

所观察到的二色补血草的盐腺结构与陆静梅等

(1996)报道的不同,他们认为二色补血草的盐腺是花朵型,由 5~7 个大型基细胞和 2 个帽细胞组成,基细胞呈辐射环状排列,2 个帽细胞紧密镶嵌在辐射环之中,基细胞明显突出于表皮细胞之上,帽细胞肾形,每个帽细胞都有 2 个泌盐孔。我们观察到的二色补血草植物盐腺结构为圆形,有 4 个大型基细

胞, 4 个帽细胞组成, 每个帽细胞顶端只有一个泌盐孔。没有观察到周玲玲等(2007)报道的比邻细胞、内环状细胞和外环状细胞。这可能与植物的种类不同和显微镜分辨率有关。

2.2 草木樨叶片表皮解剖结构

草木樨是豆科 1 年生或 2 年生草本植物, 为优良饲料作物, 也是很好的绿肥作物和水土保持作物(陆静梅等, 1998)。草木樨的耐盐性也很强, 是治理盐碱

地理想的优良绿肥(朱俊义等, 2003)。草木樨叶片表面有外分泌组织腺毛(图 4:A)、有分泌出的盐粒(图 4:B)。腺毛密度较高, 每个腺毛是由 2 个头细胞和 3 个柄细胞构成。草木樨也具有表皮毛(图 4:C)。

2.3 艾蒿叶片解剖结构观察

艾蒿为菊科多年生草本植物, 叶片密被灰白色短软毛(图 5:A, B)。气孔器较大、气孔密度较小(图 5:C、D, 表 1)。

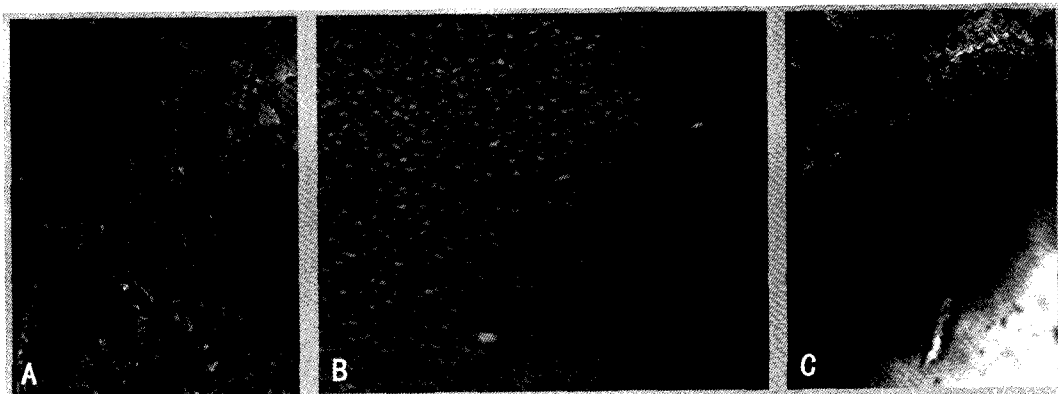


图 4 草木樨叶片的气孔结构和腺毛(A, 10×100 倍)、叶片表面分泌的盐粒(B, 4 倍)及叶片的表皮毛(C, 横剖面, 10×10 倍)
Fig. 4 Stoma and tentacle on leaf, salt grain on leaf surface and epidermis hair on leaf of *Melilotus suaveolens*

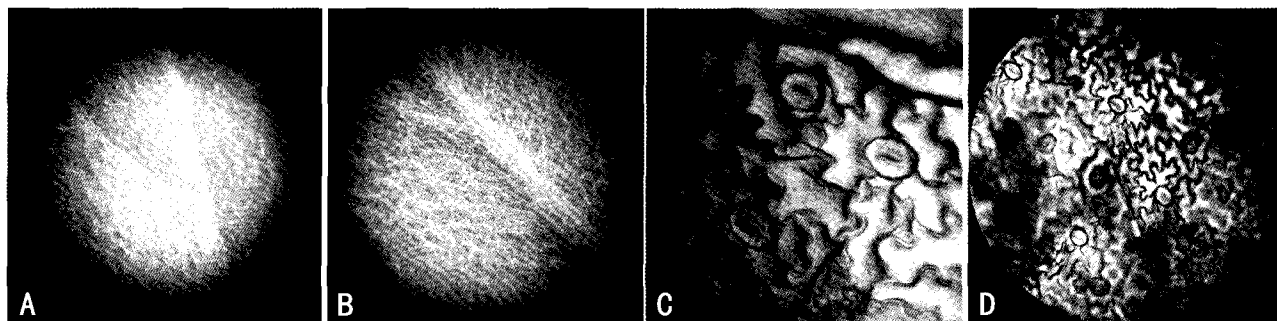


图 5 艾蒿上下表皮表皮毛(A, B, 4 倍)、叶片气孔(C, 10×40 倍; D, 4×10 倍)
Fig. 5 Epidermis hair and stomas on leaf of *Artemisia argyi*

根据天津植物志(刘家宜, 2004)记载艾蒿有浓烈香气。叶厚纸质, 上面被灰白色短柔毛, 并有白色腺点与小凹点, 背面密被灰白色蛛丝状密绒毛。但在我们的观察中没有发现腺点。可能因艾蒿的类型不同而不同。该分泌组织的分布和结构还有待于进一步研究, 如用电子显微镜进行观察。

2.4 猪毛菜叶片及茎解剖结构

猪毛菜叶表面疏生短硬毛(图 6:A, B), 单叶, 无柄, 叶片线状圆柱形。猪毛菜叶片内有大量分泌腔(图 6:C)。分泌腔呈圆形, 中空, 内贮存分泌物, 为溶生分泌腔, 分布在叶片中部大型薄壁细胞中, 其

外围围绕着两层叶肉细胞(图 6:D, E)。

3 讨论

(1) 四种植物解剖结构与抗旱性的关系: 从表 1 可以看出猪毛菜的气孔密度最小, 构成气孔器的保卫细胞也最小, 表皮毛密集, 加上其叶呈圆柱形, 叶面积小, 蒸腾面积小, 抗旱能力最强。艾蒿的表皮毛长、浓密, 气孔密度较低, 叶裂片较小, 抗旱性较强。二色补血草叶片表皮毛短、密集, 但气孔密度较高, 叶片较大, 抗旱性相对较差。草木樨叶片表皮毛短、

稀疏,气孔密度较高,所以,抗旱性最差。

(2)四种植物解剖结构与耐盐性的关系:由表 1 看出,在四种植物中,二色补血草具发达的内分泌和外分泌组织,分泌组织数量多,使根系吸收的大量盐份积累在分泌腔中,并通过外分泌组织——盐腺的泌盐孔,排出叶片,是泌盐植物。有较强的耐盐性。

草木樨具有较发达的盐腺,大量分布于植物叶

片表面,所以它也是避盐排盐植物。艾蒿无盐腺等分泌组织,耐盐机制与其旱生植物结构有关,应属耐盐植物。猪毛菜具有发达的内分泌组织,有大量分泌腔,并且有粘液细胞和贮藏水和盐的薄壁细胞。没有外分泌组织。所以猪毛菜是耐盐植物,是通过细胞内的分室结构将盐分隔开,起到耐盐功能。

本实验发现,上述四种植物中猪毛菜和二色补

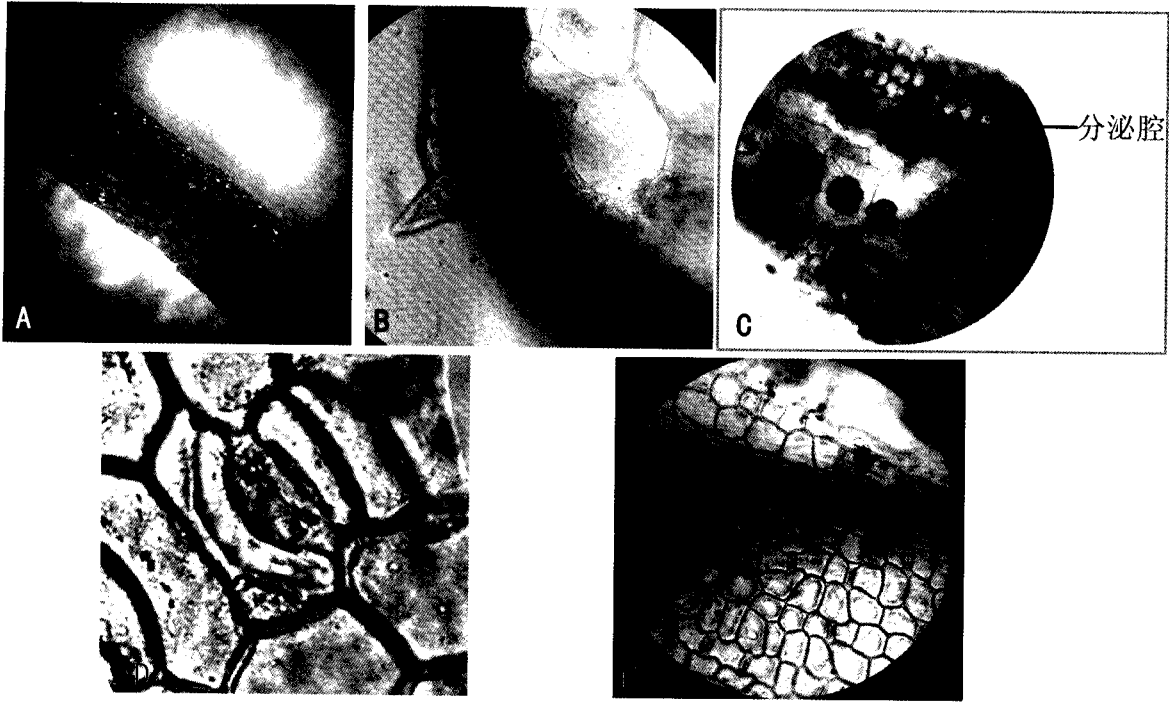


图 6 猪毛菜叶片的表皮毛(A. 4 倍,B. 4×10 倍)、分泌腔(C. 横剖面,10×10 倍)及气孔(D. 10×10 倍,E. 4×10 倍)

Fig. 6 Epidermis hair, secretion cavities and stomas on leaf of *Salsola collina*

血草最耐盐,这与他们发达的分泌组织有关。但两者耐盐机制完全不同。如果用植物进行盐碱地改良,应选择猪毛菜作为盐碱地“生物脱盐器”,它可以在收获时将盐带走,降低土壤含盐量。草木樨也是盐生植物,最可贵的是它有固氮作用,但它和二色补血草一样能把盐排出体外,盐份会随着雨水返回土壤。

参考文献:

刘家宜. 2004. 天津植物志[M]. 天津:天津科学技术出版社:687
 陆静梅,刘友良,胡被,等. 1998. 中国野生大豆盐腺的发现[J]. 科学通报,43(19):2 074—2 078
 赵可夫. 1993. 植物抗盐生理[M]. 北京:中国科学技术出版社:24
 Lu JM(陆静梅),Li JD(李建东). 1996. Anatomical observation of leaves epidermis of five xerophytes in the grass of Song Nen(松嫩草地 5 种耐盐碱植物叶表皮的解剖观察)[J]. J Northeast Normal Univ(Nat Sci Edi)(东北师范大学学报(自然科学版)),12(3):79—82
 Xu MG(徐明岗),Li JM(李菊梅),Li ZJ(李志杰). 2006. Salt-toler-

ance plants used for improving agricultural environments in saline soil regions(利用耐盐植物改善盐土区农业环境)[J]. Soil and Fertilizer Science in China(中国土壤与肥料),3:6—10
 Zhao KF(赵可夫),Fan H(范海),Jiang XY(江行玉),et al. 2002. Improvement and utilization of saline soil by planting halophytes(盐生植物在盐渍土壤改良中的作用)[J]. Chin J Appl Environ Biol(应用与环境生物学报),8(1):31—35
 Zhou LL(周玲玲),Liu P(刘萍),Lu JH(陆嘉惠). 2006. A SEM observation of the salt-secreting structure of leaves in four species of *Limonium*(四种补血草属植物叶片泌盐结构的扫描电镜观察)[J]. Bull Bot Res(植物研究),26(6):667—670
 Zhou LL(周玲玲),Song XL(宋晓丽). 2007. Study on the anatomy structure of blades of four *Limonium* species(新疆四种补血草属植物叶片的解剖学研究)[J]. Guihaia(广西植物),27(4):537—542,559
 Zhu JY(朱俊义),Yang GY(杨光宇),Zhao FJ(赵凤娟),et al. 2003. Study on salt-resistant structure of *Glycine soja*(野生大豆抗盐解剖结构研究)[J]. J Northeast Normal Univ(Nat Sci Edi)(东北师大学报(自然科学版)),4(12):16—18