植物学通报 2002，19（1）：98～102
Chinese Bulletin of Botany

山东滨海盐生植物根结构及通气组织的比较研究①

辛 华 曹玉芳 辛洪婵
（莱阳农学院 山东莱阳 265200）

摘要 对山东滨海14种盐生植物的根及根中的通气组织进行了解剖学的比较研究。研究表明：除了少数植物的根中产生发达的机械组织、通气组织不发达以外，绝大多数植物的根中都具有发达的通气组织。这些通气组织的胞间隙非常明显，形成多个通气道，特别是一些根状茎、平卧茎发达的植物，如沙滩黄芩（*Scutellaria strigillosa* Heml.）、海边香豌豆（*Lathyrus maritimus*（L.）Bigel.）、肾叶打碗花（*Calystegia soldanella*（L.）R.Br.），其通气道较大。胞间隙的发生主要有二种情况：（1）裂生胞间隙；（2）溶生胞间隙，这是大多数胞间隙形成的方式。通气组织大多分布于靠近表皮的皮层和靠近周皮的次生韧皮部中，即位于保护组织的内侧。

关键词 盐生植物，根结构，通气组织，比较

Comparative Studies on the Root Structure and Aerenchyma of Maritime Halophyte in Shandong

XIN Hua CAO Yu-Fang XIN Hong-Chan
（*Laiyang Agricultural College*, Laiyang, Shandong 265200）

Abstract Comparative studies on the anatomical structure of the roots and its aerenchyma of 14 varieties of maritime halophyte were carried out. The results are as follows: there are well-developed mechanical tissues in 5 plants namely *Corispermum puberulum* Iljin., *Salsoda komarovii* Iljin., *Suaeda glauca*（Bunge.）Bunge., *Dianthus chinensis* L. and *Cynanchum thesioides*（Freyn）K. Schnm. No aerenchyma was found in these plants except for *Suaeda glauca*（Bunge.）Bunge. In the other 9 plants there are well-developed aerenchyma foxming many air passages. Some plants, such as *Scutellaria strigillosa* Heml., *Lathyrus maritimus*（L.）Bigel. and *Calystegia soldanella*（L.）R. Br., have bigger air passages than others. And these plants have either rhizome or horizontal stem. There are two types of intercellular space, schizogenous space and lysigenous space. The aerenchyma is distributed mainly in the cortex and secondery phloem.

Key words Halophyte, Root structure, Aerenchyma, Comparison

近年来，由于灌溉方法不当以及环境污染等原因，盐土类土壤越来越多。我国现有盐荒地5.4亿亩，相当于耕地的三分之一。在全国的15亿亩耕地中，就有10%的耕地为盐渍化土壤（赵可夫，1997）。大面积的盐渍土地严重地影响着现代农业的发展，因此，我国投入大量的人力、物力，对盐渍土地进行改良和利用，对盐生植物也开展了广泛的研究（肖雯等，1998；陆静美等，1998；王红等，1998；赵可夫等，1993）。

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t21-005

① 作者简介：辛华，1967年出生，副教授，主要从事结构植物学研究。
收稿日期：2001-01-03 接受日期：2001-06-10 责任编辑：姜联合

滨海盐土在辽宁、河北、山东、苏北沿海平原海岸地区成带状分布。这里土壤含盐量高，风潮大，自然条件非常恶劣，多数植物无法生长，但盐生植物却能在此正常生长并能完成其生活史。我们以自然生长在山东省胶东沿海的盐生植物为例，对它们的根，特别是根中的通气组织进行了比较研究，旨在为盐生植物的利用和盐土的改良提供科学的依据。

1　材料和方法

14 种盐生植物均采自山东省蓬莱市北于家海岸。植物的学名及生活习性见表 1。将植物的根用 FAA 固定液固定，常规石蜡法制片，切片厚度为 8 ~ 10 μm，番红-固绿-桔红 G 三重染色，中性树胶封固，光学显微镜下观察、测量并照相。

表 1　14 种盐生植物名录
Table 1　The index of fourteen halophyte

俗名 Popular name	学名 Species	科名 Family	生活习性 Growth form
软毛虫实	*Corispermum puberulum* Iljin.	藜科	一年生草本
无翅猪毛菜	*Salsola komarovii* Iljin.	藜科	一年生草本
碱蓬	*Suaeda glauca* (Bunge.) Bunge.	藜科	一年生草本
石竹	*Dianthus chinensis* L.	石竹科	多年生草本
女娄菜	*Silene aprila* Turcz. ex Fish. et Mey.	石竹科	多年生草本
海边香豌豆	*Lathyrus maritimus* (L.) Bigel.	豆科	多年生草本
二色补血草	*Limonium bicolor* (Bge.) O. Kze.	白花丹科	多年生草本
地梢瓜	*Cynanchum thesioides* (Freyn) K. Schnm.	萝摩科	多年生草本
肾叶打碗花	*Calystegia soldanella* (L.) R. Br.	旋花科	多年生匍匐草本
砂引草	*Messerschmidia rosmarinifollia* Willd. ex Roem et Schult.	紫草科	多年生草本
沙滩黄芩	*Scutellaria strigillosa* Heml.	唇形科	多年生匍匐草本
茜草	*Rubia cordifolia* L.	茜草科	多年生草本
细叶牙葱	*Scorzonera ablicaulis* Bge.	菊科	多年生草本
兴安天门冬	*Asparagus dauricus* Fish. ex Link.	百合科	多年生草本

2　实验结果

海边香豌豆和兴安天门冬的根以及沙滩黄芩的根状茎只具有初生结构，其余 11 种植物的根中均具有次生结构。

软毛虫实、碱蓬和无翅猪毛菜三种藜科植物的根在正常的维管组织外有大量环状排列的异常维管组织(图版 I，1)。软毛虫实和无翅猪毛菜的根中没有通气组织，碱蓬的根中在靠近周皮的三生韧皮部中有通气组织存在(图版 I，11)。

石竹和地梢瓜中次生木质部特别发达，石竹的根中次生木质部占比例很大，内有大量的导管和纤维(图版 I，10)；而地梢瓜的根中次生木质部的细胞几乎全部发生细胞壁的木质化加厚(图版 I，9)。二者的根中都没有通气组织存在。

海边香豌豆(图版 I，5)的根和沙滩黄芩(图版 I，4)的根状茎中皮层和髓的薄壁组织排列疏松，其中形成几个大的通气道。

https://www.scienceengine.com/doi/10.3724/CBB-t21-005

女娄菜、二色补血草和细叶牙葱的根中木薄壁组织和韧皮薄壁组织都特别发达，将木质部和韧皮部隔成几束。女娄菜(图版 I，6，7)和细叶牙葱(图版 I，2)的根中木薄壁组织

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t21-005

图版 I 1 ~ 12. **盐生植物根横切面的一部分**. 1. **碱蓬的根，示异常维管组织**. × 132；2. **女娄菜的根，示次生木质部中的通气道**. × 132；3. **茜草的根，示次生韧皮部中的薄壁组织**. × 132；4. **沙滩黄芩的根状茎，示皮层和髓中的通气道**. × 53；5. **海边香豌豆的根，示皮层和髓中的通气道**. × 53；6 ~ 7. **细叶牙葱**

的根，示次生韧皮部中的薄壁组织．×132；8.砂引草的根，示次生韧皮部中的薄壁组织．×132；9.地梢瓜的根，示初生木质部和次生木质部．×132；10．石竹的根，示发达的次生木质部．×264；11．碱蓬的根，示三生韧皮部中的通气道．×264；12.兴安天门冬的根，示皮层中的通气道．×264

A．通气道；An．异常维管组织；C．形成层；Ce．中柱；Co．皮层；E．表皮；P．薄壁组织；Pe．周皮；Pi．髓；S．次生韧皮部；Sx．次生木质部；V．维管束．

PlateI　Fig.1～12. A part of cross-section of the roots of halophytes. Fig.1. The root of *Suaeda glauca*, showing anomalous vascular tissue. ×132; Fig.2. The root of *Silene aprila*, showing air passages in secondary xylem. ×132; Fig.3. The root of *Rubia cordifolia*, showing parenchyma in secondary phloem. ×132; Fig.4. The root of *Scutellaria strigillosa*, showing air passages in cotex and pith. ×53; Fig.5. The root of *Lathyrus maritimus*, showing air passages in cotex and pith. ×53; Fig.6～7. The root of *Scorzonera ablicaulis*, showing parenchyma in secondary phloem. ×132; Fig.8. The root of *Messerschmidia rosmarinifollia*, showing parenchyma in secondary phloem. ×132; Fig.9. The root of *Cynanchum thesioides*, showing primary xylem and secondary xylem. ×132; Fig.10. The root of *Dianthus chinensis*, showing secondary xylem. ×264; Fig.11. The root of *Suaeda glauca*, showing air passages in tertiary phloem. ×264; Fig.12. The root of *Asparagus dauricus*, showing air passages in cortex.

A. Air passage; An. Anomalous vascular tissue; C. Cambium; Ce. Central; Co. Cortex; E. Epidermis; P. Parenchyma; Pe. Periderm; Pi. Pith; S. Secondary phloem; Sx. Secondary xylem; V. Vascular bundle

和韧皮薄壁组织排列都疏松，在木质部和韧皮部中形成多个通气道。二色补血草的根中韧皮薄壁组织排列疏松，仅在次生韧皮部中有通气道存在。

肾叶打碗花、茜草（图版 I，3）和砂引草（图版 I，8）的根中韧皮薄壁组织特别发达且排列疏松，三者根的次生韧皮部中都有多个通气道。

兴安天门冬的根中皮层薄壁组织排列疏松，形成多个通气道（图版 I，12）。

多数植物的根中都有通气组织，胞间隙发达形成通气道，胞间隙主要有 2 种类型：（1）裂生胞间隙，如砂引草、茜草等；（2）溶生胞间隙，这是大多数胞间隙形成的方式，如兴安天门冬、碱蓬、海边香豌豆、沙滩黄芩、二色补血草、细叶牙葱、女娄菜、肾叶打碗花等。

这些植物的根中通气道数量较多，形状不规则，大多近似于长椭圆形。不同植物的根中，通气道的大小相差很大，即使在同一种植物的根中有的通气道大小亦相差悬殊。我们将根中较大的通气道进行了测量比较。10 种植物根中通气道的比较见表 2。

表 2　10 种盐生植物根中通气道的比较

Table 2　Comparison of air passages in the roots of ten halophyte

植物名 Name	位置 Position	大小（um）Size	
		长轴 Major axis	短轴 Minor axis
碱蓬	近周皮的三生韧皮部	161.3	61．3
女娄菜	次生木质部和次生韧皮部	361.2	116.1
海边香豌豆	皮层和髓	1664.1	154.8
二色补血草	次生韧皮部	283.8	105.2
肾叶打碗花	次生韧皮部	377.9	270.9
砂引草	次生韧皮部	96.8	56.5
沙滩黄芩	皮层和髓	1883.4	915.9
细叶牙葱	次生木质部和次生韧皮部	399.9	103.2
茜草	次生韧皮部	209.6	80.7
兴安天门冬	皮层	210．3	64.5

3　讨论

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t21-005

生长在海岸的植物其生态环境相当恶劣，它们要周期性地遭受海风的袭击和海水的淹没，Fahn 认为（1990），生长在海岸的植物显示出它们的根对生境的不同适应，这些适应

包括充分的透气和额外的支持等特性。从 14 种植物根的结构来看,基本可划分为两类,与 Fahn 的观点相同。

(1)机械组织发达 软毛虫实、碱蓬、无翅猪毛菜三种藜科植物的根在正常的维管组织外,具有大量环状排列的异常维管组织。胡正海等(1993)认为,这种结构特征对于生长在极为贫瘠环境中的植物有重要的生态学意义,既使外侧的组织破坏死亡,内侧的异常维管组织仍能起到支持和物质运输的作用。石竹和地梢瓜的根中次生木质部特别发达,石竹的根中次生木质部占比例很大,内有大量的导管,Valenti 等(1992)认为这种发育方式是植物促进水分运输的一种适应,地梢瓜根的木质部中几乎所有的细胞细胞壁都发生了木质化加厚,Saadeddin 等(1986)曾报道过盐生植物根中木质化薄壁组织的存在,这些细胞的存在加强了根的支持作用。这 5 种植物除了碱蓬根中有通气组织存在以外,其余的均没有通气组织。

(2)通气组织发达 除了软毛虫实、无翅猪毛菜、石竹、地梢瓜 4 种植物以外,其余 10 种植物均具有大量的通气组织。沙滩黄芩的根状茎和海边香豌豆的根中皮层和髓的薄壁组织发达,在这些细胞中形成大型的通气道即通气组织 ;女娄菜、二色补血草、细叶牙葱的根中木薄壁组织和韧皮薄壁组织都很发达,许多大的胞间隙将木质部、韧皮部分成若干部分,形成了通气组织 ;肾叶打碗花、茜草和砂引草的根中韧皮薄壁组织发达,细胞的胞间隙较大,形成通气组织 ;兴安天门冬的根中皮层薄壁组织发达,有多个大的胞间隙存在 ;碱蓬靠近周皮的三生韧皮部中排列疏松的薄壁组织亦成为通气组织。通气组织属于薄壁组织,大多存在于湿生或水生植物中,我们从 14 种盐生植物根的解剖结构研究中发现,这些植物的根中大多数都发育出程度不同的通气组织,而且这些通气组织中都形成多个通气道,从表 2 可以看出,通气道大多分布于靠近表皮的皮层和靠近周皮的次生韧皮部中,即位于保护组织内侧,通气道的位置,推测与氧气的可得性有关。畅通的通气结构能将植物地上部分获得的氧气迅速输送到根中(陆静美等,1998)。海岸土壤通常由沙、泥混合而成,土壤颗粒没有结块,造成土壤气隙减少(厦门大学植物生态学研究室,1989)加上海水周期性的淹没,造成缺氧,植物生长在相同的生态环境中,发育出相似的通气组织,这是盐生植物适应其生境的重要的解剖学特征。

参 考 文 献

赵可夫,1997. 利用盐生植物改良盐碱地. 植物生理学通讯, **33**(6):501 ~ 502

肖雯, 张震霞, 1998. 几种盐地植物根解剖结构的研究. 甘肃农业大学学报, **33**(1):90 ~ 93

陆静美, 朱俊义, 1998. 松嫩平原 4 种盐生植物根的结构研究. 生态学报, **18**(3):335 ~ 337

王虹, 邓彦斌, 1998. 新疆 10 种旱生、盐生植物的解剖学研究. 新疆大学学报, **15**(4):67 ~ 73

赵可夫, 1993. 植物抗盐生理. 北京:中国科学技术出版社

胡正海, 张鸿, 1993. 植物异常结构解剖学. 北京:高等教育出版社

厦门大学植物生态学研究室译, C.J.达维斯著, 1989. 海洋植物学. 厦门:厦门大学出版社

Fahn A, 1990. Plant anatomy. Oxford: Pergamon Press

Valenti G S, Melone L, Orsi O, 1992. Anatomical changes in *Prosonis cineraria* (L.) Druce seedings growing at different levels of nacl salinity. *Annals of Botany*, **70**:399 ~ 404

Saadeddin R, Doddema H, 1986. Anatomy of the "extreme" halophyte *Arthrocnemum fruticosum* (L.) Moq. in relation to its physiology. *Annals of Botany*, **57**:531 ~ 544

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t21-005