

洞庭湖四种优势湿地植物茎、叶通气组织的比较研究

秦先燕^{1,2}, 谢永宏^{1*}, 陈心胜¹

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所洞庭湖湿地生态研究站, 长沙 410125; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要: 对通气组织的解剖观察有助于了解湿地植物的生长、分布及对不同生境的适应。采用石蜡切片技术, 在光学显微镜下对洞庭湖湿地沿水位高程梯度分布的 4 种优势植物——荻 *Miscanthus sacchariflorus*、水蓼 *Polygonum hydropiper*、红穗苔草 *Carex argyi*、藨草 *Phalaris arundinacea* 的茎和叶解剖结构进行了比较研究。结果表明: 茎通气组织的形成部位主要在皮层、维管束和髓腔, 其中髓腔所占比例最大 (>77%)。茎通气组织大小为: 水蓼 (57.8%) > 红穗苔草 (45.5%) ≥ 藨草 (41.7%) ≥ 荻 (37.8%)。4 种湿地植物的叶均在叶肉组织和 (或) 维管束内形成通气组织, 如荻、藨草的形成部位是维管束, 水蓼的是叶肉组织, 而红穗苔草在叶肉组织和维管束内均可以形成, 但以叶肉组织中为主, 占 99%。红穗苔草叶通气组织最发达, 为 33.8%, 其它 3 种植物相对不发达, 仅为 0.13% ~ 1.68%。除藨草外, 其它 3 种植物通气组织大小与其分布位置具有很好的一致性。可见, 湿地植物通气组织与其分布有较好的相关性。

关键词: 通气组织; 解剖学; 分布; 生境; 湿地植物

中图分类号: Q944.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2010)04-0400-06

Comparative Study on the Aerenchyma of Four Dominant Wetland Plants in Dongting Lake

QIN Xian-Yan^{1,2}, XIE Yong-Hong^{1*}, CHEN Xin-Sheng¹

(1. Dongting Lake Station for Wetland Research, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Anatomical observation of aerenchyma helps understand the growth, distribution, and adaptation of wetland plants to different habitats. Anatomical structures of the stem and leaf were carefully studied, using optical microscope and paraffin section technology, in four dominant wetland species (*Miscanthus sacchariflorus*, *Phalaris arundinacea*, *Carex argyi* and *Polygonum hydropiper*) distributed along a water-level gradient in Dongting Lake. Results showed that the stem aerenchyma was formed from three tissues, i. e. cortex, vascular bundles and the medullary cavity. Among them, the medullary cavity was the primary tissue for aerenchyma formation, accounting for more than 77%. The size of the stem aerenchyma from highest to lowest was: *Polygonum hydropiper* (57.8%) > *Carex argyi* (45.5%) ≥ *Phalaris arundinacea* (41.7%) ≥ *Miscanthus sacchariflorus* (37.8%). Leaf aerenchyma in *Miscanthus sacchariflorus* and *Phalaris arundinacea* was formed in the vascular bundles, *Polygonum hydropiper* in the mesophyll tissue, and *Carex argyi* in both mesophyll tissue (99%) and vascular bundles (1%). Leaf aerenchyma of *Carex argyi* was highly developed, with a size of 33.8%. The other three species had relatively undeveloped leaf aerenchyma, with a size of only 0.13% – 1.68%. Except for *Phalaris arundinacea*, the aerenchyma size was consistent with the sites of field distribution in Dongting Lake. These data indicate that the aerenchyma of

收稿日期: 2009-09-27, 修回日期: 2009-11-22。

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX2-YW-435-02, KZCX1-YW-08-01-02); 国家自然科学基金项目 (30770362) [Supported by Key Directional Program of Chinese Academy of Sciences (KZCX2-YW-435-02, KZCX1-YW-08-01-02); The National Natural Science Foundation of China (30770362)]。

作者简介: 秦先燕 (1979-), 女, 硕士研究生, 从事湿地植物生态研究 (E-mail: qxy0929@gmail.com)。

* 通讯作者 (Author for correspondence. 地址: 湖南长沙市芙蓉区马坡岭, 邮编: 410125; E-mail: yonghongxie@163.com)。

wetland plants is closely related to its distribution.

Key words: Aerenchyma; Anatomy; Distribution; Habitat; Wetland plants

湿地是介于水陆之间具有独特水文、土壤、生物特征的过渡性生态系统,因具有巨大的生态价值、环境与生产功能而被誉为“人类摇篮”、“生物基因库”和“自然之肾”^[1]。在大多数的湿地生态系统中,洪水是决定湿地植物分布、组成和群落结构的关键因子^[2]。同时,在洪水胁迫时,许多湿地植物能够通过生活史、形态、结构及生理等方面的调节以促进氧气运输进入根系而减少缺氧伤害^[3,4],如形成浅根系统、增加皮层细胞孔隙度^[5]、形成通气组织^[6]等。

通气组织是植物薄壁组织内一些气室或空腔的集合,是植物耐渍、避缺氧的特征表达^[7]。通气组织不仅存在于植物根茎内,在叶片和果实的果皮中也有发现^[8]。许多水生和湿生植物在根茎内均形成通气组织,其它一些植物(包括两栖类和陆生植物)在缺氧环境中也能分化产生通气组织^[9]。通气组织作为植物与外部环境气体交换的通道,对于淹水环境下植物生存的意义非同一般^[4,10]。

目前,对通气组织的研究等已有较多报道,如湿地植物通气组织形成机理^[11-13]、水淹对通气组织发生的影响^[14]、湿地植物根部通气组织的解剖结构^[15]。然而,有关湿地植物茎、叶中通气组织的研究相对较少,如具体形成部位、大小及与其生境的适应性关系尚缺乏详细的论述。我们以洞庭湖淡水湿地沿水位高程梯度分布的4种典型优势物种的解剖结构为基础,分析研究了:(1)不同湿地植物茎、叶通气组织形成部位的差异;(2)不同湿地植物通气组织的形成与生境的关系。研究结果将为探明植物生物学特性及其与分布格局的关系提供依据。

1 材料和方法

1.1 样地概况与材料来源

洞庭湖(28°44'~29°35'N,111°53'~113°05'E)是我国第二大淡水湖,位于长江中游荆江段南岸,总面积18780 km²,涉及岳阳、益阳和常德三市。湖区属中亚热带向北亚热带过渡的季风湿润气候,年均气温16.6~17.0℃,1月平均气温在4.1~4.5℃,极端最低气温-14.7℃,7月平均气温28.7~29.2℃,极端最高气温43.6℃。多年平均日照时数1686 h,无霜期263~277 d,降水量1305 mm,4~

9月降水量约占全年的64.9%~69.7%,年降水日数147 d,其中年降雪日数12 d,蒸发量1288 mm,干燥度0.8。根据岳阳水位资料,洞庭湖历年最高水位达34.82 m,历年最低水位仅17.06 m,水位绝对变幅高达17.76 m,历年水位平均年变幅为13.35 m。水位年变幅最小达10.67 m。

1.2 研究方法

采集洞庭湖湿地4个优势物种,分别是荻 *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim) Hackel、藨草 *Phalaris arundinacea* Linn.、红穗苔草 *Carex argyi* Lévl. et Vant.、水蓼 *Polygonum hydropiper* Linn.。取样于2008年5月,在洞庭湖湖区选取具有代表性的5个样点作为重复,这5个样点分别是茶盘洲(28°54'N,112°47'E)、南大(29°01'N,112°44'E)、澧湖(29°08'N,112°54'E)、注滋口(29°22'N,112°52'E)、毛家湖(29°54'N,112°05'E)。分别取长势一致、无病虫害的植物中部茎和叶(3~5段或片),采集并及时装入 FAA 固定液中固定。带回试验室后,用石蜡切片法制片,切片厚度10~12 μm。番红-固绿双重染色,树胶封片,采用 Nikon 显微镜观察,Canon 相机拍照,最后用 photoshop 7.0 软件测量组织横切面积。

1.3 数据处理

茎、叶通气组织大小分别以茎、叶横切面中通气组织面积($S_{\text{通气组织}}$)占整个茎/叶横切面总面积($S_{\text{总横切面}}$)的百分比($S_{\text{通气组织}}/S_{\text{总横切面}} \times 100\%$)来度量^[14]。野外调查发现,在洪水到来时,4种植物中央薄壁组织全部消失转换为通气组织,故将其当作通气组织处理。试验数据处理采用 Microsoft Excel 软件,数据的统计分析采用 SPSS 16.0 软件,对4种优势物种茎、叶的通气组织大小、来源进行 Duncan 多重比较,显著度水平为0.05。

2 结果与分析

2.1 洞庭湖湿地优势植物茎解剖结构

2.1.1 茎中通气组织形成部位

从解剖图片(图1)中可以看出,湿地植物通气组织的形成部位基本一致,多在皮层薄壁组织、维管束内气腔及破裂的髓腔中形成。除水蓼(图1:D)

外,其它 3 种植物均为单子叶植物,茎解剖结构也具有单子叶植物茎的基本特征,即由表皮、基本组织、维管束三部分组成。皮层薄壁组织在发育后期细胞破裂会形成大小不等的气腔。维管束轮状排列,当维管束发育成熟后,原生木质部遭到破坏后形成细胞间隙。随着茎秆的生长,髓部中央的薄壁组织破裂后形成髓腔。荻(图 1:A)、藨草(图 1:B)两种植物茎解剖结构比较相似,但荻维管束呈三轮排列,藨草的不发达,只有两轮。红穗苔草(图 1:C)的茎呈三棱型,维管束不发达,并与发达的气腔相间排列。水蓼(图 1:D)的茎由表皮、皮层和维管束组成,皮层中有细胞间隙存在,而维管束发育成熟后,也会形成细胞间隙。中间的髓由基本分生组织产生,为双

子叶植物初生结构最发达的部分,拉破后,则形成片状髓或髓腔。

2.1.2 茎中通气组织大小及来源比例

尽管 4 种湿地植物通气组织形成部位相似,但大小不同(表 1)。方差分析结果表明,红穗苔草在皮层中形成的通气组织最大(9.98%),与其它 3 种植物存在显著差异(0.08%~0.3%)。在维管束中,荻(0.48%)与藨草(0.0051%)、水蓼(0.15%)通气组织大小具有显著差异,但与红穗苔草(0.27%)无显著差异。在髓腔中,荻、藨草、红穗苔草通气组织大小间没有显著差异,但水蓼占有比例最大,为 57.49%,从而与前 3 种植物存在显著差异。总体来说,这 4 种植物通气组织总大小为:水蓼>红穗苔

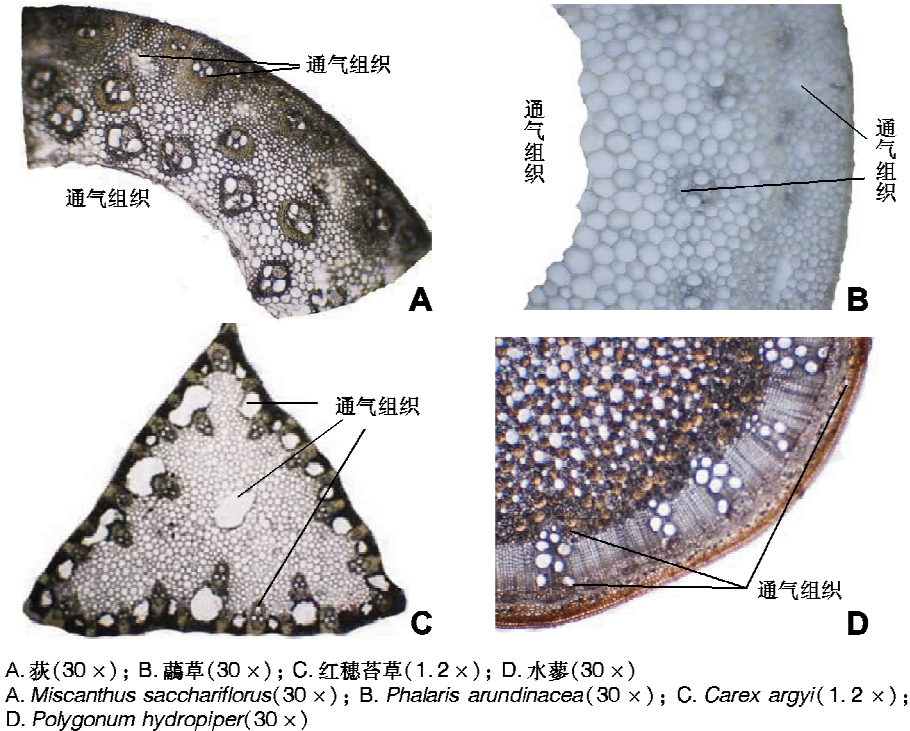


图 1 洞庭湖湿地 4 种优势物种茎解剖结构
Fig. 1 Anatomical structures of stem of four dominant species from Dongting Lake

表 1 4 种湿地优势植物茎中通气组织大小
Table 1 Aerenchyma size of the stem of four dominant species from Dongting Lake (%)

物种 Species	皮层 Cortex	维管束 Vascular bundles	髓腔 Medullary cavity	合计 Total
荻 <i>Miscanthus sacchariflorus</i>	0.30 ±0.16 ^b	0.48 ±0.12 ^a	37.03 ±2.12 ^b	37.82 ±2.22 ^a
藨草 <i>Phalaris arundinacea</i>	0.080 ±0.035 ^b	0.0051 ±0 ^c	41.60 ±2.77 ^b	41.69 ±2.80 ^{ab}
红穗苔草 <i>Carex argyi</i>	9.98 ±0.34 ^a	0.27 ±0.12 ^{ab}	35.23 ±3.57 ^b	45.48 ±3.36 ^b
水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>	0.11 ±0.028 ^b	0.15 ±0.058 ^b	57.49 ±4.69 ^a	57.75 ±4.61 ^c

注: 不同的小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。
Note: Different small letters indicate significant differences among species ($p < 0.05$).

草 ≥ 藨草 ≥ 荻。

通过对 4 种湿地植物茎中通气组织来源的比较(表 2)可以看出,单子叶植物荻和藨草、双子叶植物水蓼多在髓腔中形成通气组织,占有比例均在 97% 以上,而皮层和维管束内气腔仅占约 3%。单子叶植物红穗苔草皮层和髓腔占有较多比例,分别为 22.26%、77.14%。可见,不同植物茎通气组织来源存在差异性,但都以髓腔为主要来源。

2.2 洞庭湖湿地优势植物叶解剖结构

2.2.1 叶中通气组织的形成部位

植物对环境的反应也较多地反映在叶的形态和结构上。湿地植物叶子中通气组织主要形成于叶肉和维管束内(图 2),但不同植物通气组织的形成部位是不同的。荻(图 2:A)、藨草(图 2:B)叶横切面

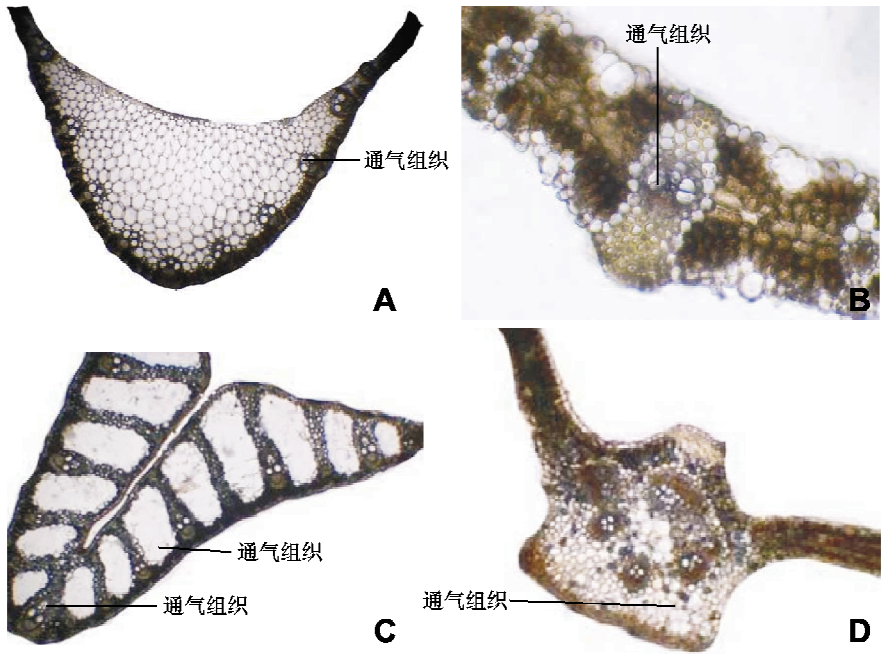
解剖结构极为相似,均由表皮、叶肉和叶脉组成,为典型的等面叶,叶肉较发达,其维管束鞘细胞为不完全封闭的“花环型”结构。通气组织形成于维管束内,是原生木质部遭到破坏后留下的腔隙。

红穗苔草(图 2:C)横切面大致为“V”字形,由表皮、叶肉细胞和叶脉组成,一般相邻维管束间均形成一个发育良好的气腔,大而明显,由多个较大的薄壁细胞破裂而形成,形状一般不规则。叶肉细胞存在于气腔外围,为等面叶。其通气组织在叶肉细胞和维管束内均存在,这可能与其生物学特性有关。水蓼(图 2:D)为双子叶植物,为异面叶,具有明显的栅栏组织和海绵组织的分化,海绵组织一般形状不规则,排列疏松,细胞间隙大,因此,水蓼叶的通气组织主要存在于海绵组织细胞间隙中,即位于

表 2 4 种湿地优势植物茎中通气组织来源
Table 2 Sources of aerenchyma of the stem of four dominant species from Dongting Lake (%)

物种 Species	皮层 Cortex	维管束 Vascular bundles	髓腔 Medullary cavity
荻 <i>Miscanthus sacchariflorus</i>	0.76 ±0.35 ^a	1.31 ±0.38 ^a	97.94 ±0.32 ^a
藨草 <i>Phalaris arundinacea</i>	0.17 ±0.075 ^a	0.013 ±0.006 ^b	99.81 ±0.070 ^a
红穗苔草 <i>Carex argyi</i>	22.26 ±2.29 ^b	0.60 ±0.27 ^{ab}	77.14 ±2.23 ^b
水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>	0.20 ±0.067 ^a	0.31 ±0.14 ^b	99.48 ±0.20 ^a

注：不同的小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。
Note: Different small letters indicate significant differences among species ($p < 0.05$).



A. 荻(30 ×, 过主脉); B. 藨草(78 ×, 过主脉); C. 红穗苔草(78 ×, 叶缘); D. 水蓼(30 ×, 过主脉)
A. *M. sacchariflorus*(30 ×); B. *P. arundinacea*(78 ×); C. *C. argyi*(78 ×); D. *P. hydropiper*(30 ×)

图 2 洞庭湖湿地 4 种优势物种叶解剖结构

Fig. 2 Anatomical structures of the leaves of four dominant species from Dongting Lake

叶肉组织中。

2.2.2 叶中通气组织大小

4种湿地植物叶中通气组织形成部位及大小均不相同(表3)。荻和藨草的通气组织主要在维管束中形成,水蓼的主要在叶肉组织中形成,而红穗苔草的在维管束和叶肉组织中都能形成,但以叶肉中形成为主,占有比例高达99.26%。荻、藨草和水蓼叶中通气组织不发达,仅为0.13%~1.68%,且3种植物间无显著差异,而红穗苔草的非常发达,大小为33.76%。

表3 4种优势植物叶中通气组织大小
Table 3 Aerenchymatous size of the leaves of four dominant species from Dongting Lake (%)

植物种类 Species	叶肉组织 Mesophyll tissue	维管束 Vascular bundles	合计 Total
荻 <i>Miscanthus sacchariflorus</i>	0	0.13 ± 0.030	0.13 ± 0.030 ^a
藨草 <i>Phalaris arundinacea</i>	0	0.31 ± 0.15	0.31 ± 0.15 ^a
红穗苔草 <i>Carex argyi</i>	33.51 ± 2.77	0.24 ± 0.11	33.76 ± 2.69 ^b
水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>	1.68 ± 0.088	0	1.68 ± 0.088 ^a

注:不同的小写字母表示差异显著($p < 0.05$)。

Note: Different small letters indicate significant differences among species ($p < 0.05$).

3 讨论

一般情况下,水生、湿生植物的通气组织比较发达。除根部外,茎、叶均存在发达的通气组织,为气体的运输提供便利的通道。通气组织越发达,越有利于氧气的输送。很多植物被洪水淹没后,可通过茎部皮层和髓腔所形成的通气组织^[16,17]来提高水体与植物间气体交换能力,使更多的氧气和二氧化碳进入植物体内,提高光合作用的能力。例如,酸模属植物 *Rumex palustris* 可以提高气体的交换能力,使大量的二氧化碳进入到植物体内,提高水下的光合能力^[18]。在本研究中,4种植物的茎通气组织虽然来源不同,但都比较发达,大小为37.8%~57.8%,能为淹水时气体运输提供通道作用,具有典型湿地植物特点,也表现了对湿地环境的适应性特征。同样,淹水条件下,叶肉细胞间发达的胞间隙增强了叶片吸收、存储空气中气体的能力,便于气体交换和通气的需要,满足了缺氧条件下植物生长发育的需要,以弥补根呼吸的不足^[19],如生于淤泥中

的莲藕,往往形成发达的通气组织以便能在低氧环境下正常生长,并由叶片向水中的组织输氧与贮氧^[20]。然而,本研究的4种植物除红穗苔草外,叶通气组织相对不发达。这种差异性可能与植物结构有关,荻、藨草和水蓼为有茎植物,茎秆是气体运输的通道,而叶主要为光合器官,在洪水淹没时往往通过茎秆的伸长以适应洪水胁迫,完全淹没时植物叶死亡,茎秆起着运输通道和储存气体的功能。红穗苔草属无茎植物(叶与地下组织直接相连),茎主要起繁殖作用,淹水时一般是通过发达的叶通气组织(33.8%)传递氧气到根中,供植物生存、生长所需,且叶组织存活时间较长,洪水胁迫时起着气体通道和储存气体的作用。因此,红穗苔草发达的叶通气组织是与其结构相适应的。同时,洪水淹没时,茎秆中气体长距离运输往往要消耗大量的能量^[17],相比之下,具发达的叶通气组织的无茎植物红穗苔草与其发达的根系统共同组成了高效的气体管道系统,从而对洪水有着较强的适应能力,有助于分布于水位高程的低端。

洞庭湖野外植被调查结果表明,湿地植物群落呈地带性分布,由水及陆为:水生植物群落—藨草群落—苔草群落—水蓼群落+苔草群落—芦苇、荻群落—美洲黑杨或柳群落^[21]。从本研究结果看,荻、藨草、水蓼的茎通气组织大小为:水蓼(57.8%)>藨草(41.7%)≥荻(37.8%)。可见,除藨草外,其它湿地植物通气组织大小与野外调查结果基本一致,即通气组织欠发达的植物因气体传导能力较小而分布在地势较高处。藨草能分布于水位高程的低端可能与其它生物学特性有关。研究表明,藨草生活力极强,春季生长异常迅速而茂盛,入夏洪水泛滥时,其地上部大部分被淹死,退水后便迅速从地下根茎和茎秆上萌生新的植株^[22]。藨草抗逆性强还可能因其株丛的茎节上能生根和生长枝条有关^[23]。此外,与其发达的根系也有着很大的相关性。藨草除了根状茎横向伸长外,每0.5~1 cm便有一分蘖节,每节都能长出2~4条不定根,多达6条,长约20~26 cm,分布于3~30 cm的土层中。分蘖节的不定根部分埋于土中,部分露出地面,这样大量的根状茎和不定根便组成了一个吸收水分、养分和透气的根层,所以遇旱、涝时均能正常生长^[24]。可见,湿地植物通气组织与其生境分布有较好的相关性。然而,受环境胁迫梯度的影响,湿地植物带状分布格

局的机理是非常复杂的^[26]。因此,对物种特性、生物及非生物因素的深入研究有助于进一步理解以洞庭湖为代表的淡水湿地植被地带性分布的成因。

致谢: 感谢吴开贤在显微拍照、罗银玲在图片辨认、祁向坤在图片处理过程中提供的帮助!

参考文献:

- [1] 崔保山,杨志峰. 湿地学[M]. 北京:北京师范大学出版社,2006: 235-265.
- [2] Voesenek L A C J, Rijnders J H G, Peeters A J M, van de Steeg H M, de Kroon H. Plant hormones regulate fast foot elongation under water: From genes to communities[J]. *Ecology*, 2004, 85: 16-27.
- [3] Fraser L H, Karnezis J P. A comparative assessment of seedling survival and biomass accumulation for fourteen wetland plant species growth under minor water-depth differences [J]. *Wetlands*, 2005, 25: 520-530.
- [4] 罗文泊,谢永宏,宋凤斌. 洪水条件下湿地植物的生存策略[J]. 生态学杂志, 2007, 26: 1478-1485.
- [5] Visser E J W, Voesenek L, Vartapetian B B, Jackson M B. Flooding and plant growth[J]. *Ann Bot*, 2003, 91: 107-109.
- [6] Laan P, Blom C W P M. Growth and survival responses of *Rumex* species to flooded and submerged conditions: The importance of shoot elongation, underwater photosynthesis and reserve carbohydrates[J]. *J Exp Bot*, 1990, 41: 775-783.
- [7] 孔妤,王忠,顾蕴洁,熊飞,陈刚,韩鹰. 乙烯利诱导水稻根内通气组织形成的研究[J]. 中国水稻科学, 2009, 23: 65-70.
- [8] Yaklich R W, Vigil E L, Wergin W P. Morphological and fine-structural characteristics of aerenchyma cells in soybean seed coats[J]. *Seed Science*, 1995, 23: 321-330.
- [9] Watkin E L J, Thomson C J, Greenway H. Root development and aerenchyma formation in two wheat cultivars and one triticale cultivar grown in stagnant agar and aerated nutrient solution [J]. *Ann Bot*, 1998, 81: 349-354.
- [10] 樊明寿,张福锁. 植物通气组织的形成过程和生理生态学意义[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38: 615-618.
- [11] Visser E J W, Bögemann G M. Aerenchyma formation in the wetland plant *Juncus effusus* is independent of ethylene[J]. *New Phytol*, 2006, 171: 305-314.
- [12] 陈婷,曾波,罗芳丽,叶小齐,刘巖. 外源乙烯和 d-萘乙酸对三峡库区岸生植物野古草和秋华柳茎通气组织形成的影响[J]. 植物生态学报, 2007, 31: 919-922.
- [13] 孔妤,王忠,顾蕴洁,汪月霞. 植物根内通气组织的研究进展[J]. 植物学通报, 2008, 25: 248-253.
- [14] 张小萍,曾波,陈婷,叶小齐,罗芳丽,刘巖. 三峡库区河岸植物野古草 (*Arundinella anomala* var. *depauperata* Keng) 茎通气组织发生对水淹的响应[J]. 生态学报, 2008, 28: 1864-1871.
- [15] 辛华,曹玉芳,辛洪婵. 山东滨海盐生植物根结构及通气组织的比较研究[J]. 植物学通报, 2002, 19: 98-102.
- [16] Armstrong J, Armstrong W. *Phragmites australis* —A preliminary study of soil-oxidizing sites and internal gas transport pathways [J]. *New Phytol*, 1988, 108: 373-382.
- [17] Colmer T D. Long-distance transport of gases in plants: a perspective on internal aeration and radial oxygen loss from roots [J]. *Plant Cell Environ*, 2003, 26: 17-36.
- [18] 徐伟忠,朱丽霞,赵根. 生态适应性在植物水生诱导上的运用[J]. 亚热带植物科学, 2006, 35: 28-32.
- [19] 张兴,杨晓杰. 3种植物叶的结构特征及其与湿地生态环境关系的研究[J]. 高师理科学刊, 2003, 23: 46-49.
- [20] Mommer L, Pedersen O, Visser E J W. Acclimation of a terrestrial plant to submergence facilitates gas exchange under water [J]. *Plant Cell Environ*, 2004, 27: 1281-1287.
- [21] 谢永宏,陈心胜. 三峡工程运行后对洞庭湖湿地植被演替的影响[J]. 农业现代化研究, 2008, 29: 684-687.
- [22] 彭友林,陈建中,刘珍,夏维福,王云. 洞庭湖湿地蔺草资源的开发利用[J]. 湖南文理学院学报: 自然科学版, 2003, 15: 35-36.
- [23] Marten G C, Heath M E. Reed canary grass [C]// Heath M E, Metcalfe D S, Barnes R F, eds. Forages: the Science of Grassland Agriculture. Iowa, USA: Iowa State University Press, 1973: 263-276.
- [24] 张永亮,骆秀梅. 蔺草的研究进展[J]. 草地科学, 2008, 16: 659-666.
- [25] Gray A J. Salt Marsh Plant Ecology, Zonation and Succession Revisited [C]// Allen J R L, Pye K, eds. Salt Marshes: Morphodynamics, Conservation and Engineering Significance. Cambridge: Cambridge University Press, 1992: 63-79.

(责任编辑: 王豫鄂)