

三江平原不同生境下漂筏苔草 叶片解剖结构的研究

沙伟¹, 徐忠文¹, 王晓琦¹, 倪红伟^{2*}

(1. 齐齐哈尔大学 生命科学与工程学院生物系, 黑龙江 齐齐哈尔 161006;

2. 黑龙江省科学院 自然资源研究所, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要: 通过石蜡切片制片, 对采自三江平原 5 种生境下漂筏苔草的叶片进行了解剖学观察和研究。结果表明: 5 种生境下漂筏苔草的叶片具有相同结构, 都是由表皮、叶肉和叶脉三部分构成的。但不同水深对叶片的解剖结构产生了一定影响, 随着水分的增加, 植物叶片的维管束个数和厚度、叶片厚度、导管直径和气腔直径均呈现上升趋势。以上结构变化是植物适应湿生环境的典型特征。

关键词: 漂筏苔草; 不同生境; 叶; 解剖结构

中图分类号: Q944.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2006)06-0583-06

Leaf anatomy of *Carex pseudocuraica* growing in different environments of Sanjiang Campagna

SHA Wei¹, XU Zhong-wen¹, WANG Xiao-qi¹, NI Hong-wei^{2*}

(1. Department of Biology, College of Life Sciences and Engineering, Qiqihaer University, Qiqihaer 161006,

China; 2. Natural Resources Institute, Heilongjiang Academy of Science, Harbin 150040, China)

Abstract: In the present paper, the anatomical structures of the leaves of *Carex pseudocuraica* from five different environments in Sanjiang Campagna were studied by means of paraffin section. The results indicate that leaves of *C. pseudocuraica* from five different environments exist the same structure. They are all made up of epidermis, mesophyll and nervure. But the different deepness of water have influence on the anatomical structure of leaf, the characters are as follows: along with increase of moisture, the number and thickness of vascular bundles, the thickness of leaf, the diameter of vessel and air cavity are also increased. All these structural changes are characters which indicate the adaptability of the plant to plashy environment.

Key words: *Carex pseudocuraica*; different environments; leaf; anatomy

漂筏苔草 (*Carex pseudocuraica*) 是莎草科 (Cyperaceae) 苔草属 (*Carex*) 多年生根茎型草本植物, 茎三棱, 中空, 小坚果, 在自然生境中以根状茎繁殖, 根茎长达 2 m, 其上有很多分株, 根状茎紧密交织成毡, 俗称“漂筏甸子”。它主要分布在东北三江平原的浓江、鸭绿河、别拉洪河、挠力河的河流表面,

在大小兴安岭也有小面积分布。

一些学者对苔草属植物叶的形态及解剖结构已做过一些研究 (张树仁等, 1998; Starr 等, 2001)。但对于苔草属植物的结构与生态环境关系的研究至今尚未见报道, 而对漂筏苔草的研究更是处于空白状态。因此, 本研究对三江平原五种不同生境下的漂

收稿日期: 2006-01-04 修回日期: 2006-05-21

基金项目: 黑龙江省杰出青年基金资助 (JC03-09) [Supported by Excellent Youth Foundation of Heilongjiang Province (JC03-09)]

作者简介: 沙伟 (1963-), 女, 黑龙江齐齐哈尔人, 博士, 教授, 从事植物学、植物遗传学和遗传生态学研究。

* 通讯作者 (Author for correspondence, E-mail: nihongwei2000@163.com)

筏苔草叶片的内部解剖结构进行研究,探讨湿生植物与环境的关系,不仅揭示了漂筏苔草的生态学意义,也为合理开发利用漂筏苔草,使其更好地发挥经济价值提供科学依据。

1 材料与方方法

1.1 材料

供试材料漂筏苔草于 2005 年 6 月取自三江平原。以 5 种生境下(样线 6、样线 11、样线 10、样线 9 和样地 4,在下文中分别为 1、2、3、4、5 样点)的漂筏苔草为材料,各样点地表覆盖度几乎相同,均达到 80%~100%,其它生态因子见表 1。

1.2 方法

采用石蜡切片和徒手切片法进行解剖结构的研

究。在每个样点随机选取 15 株(株与株之间相隔 10 m 以上)成熟、新鲜漂筏苔草,在每株的相同部位取一片叶子,选择中上部切成 3~5 mm 小段,在野外放入 FAA 固定液中,固定 24h 以上。采用石蜡切片法制片,对每个样点的叶片制作 15 张切片,厚度为 8~10 μm 。酒精系列脱水,二甲苯透明,番红一固绿对染,中性树胶封片, Motic Images Advanced 3.0 数码成像显微镜下观察并拍照,用显微测量尺测量中脉直径、最厚处厚度和后生导管直径、最大维管束两侧的气腔直径等 4 项指标,维管束个数直接读取。其中,后生导管直径为 40 个数的平均值,最厚处厚度为 30 个数的平均值,最大维管束两侧的气腔直径为 30 个数的平均值,维管束个数和中脉直径为 15 个数的平均值。用 SPSS11.5 统计软件对以上数据进行统计分析。

表 1 五个居群的生境资料
Table 1 The habitat of five populations

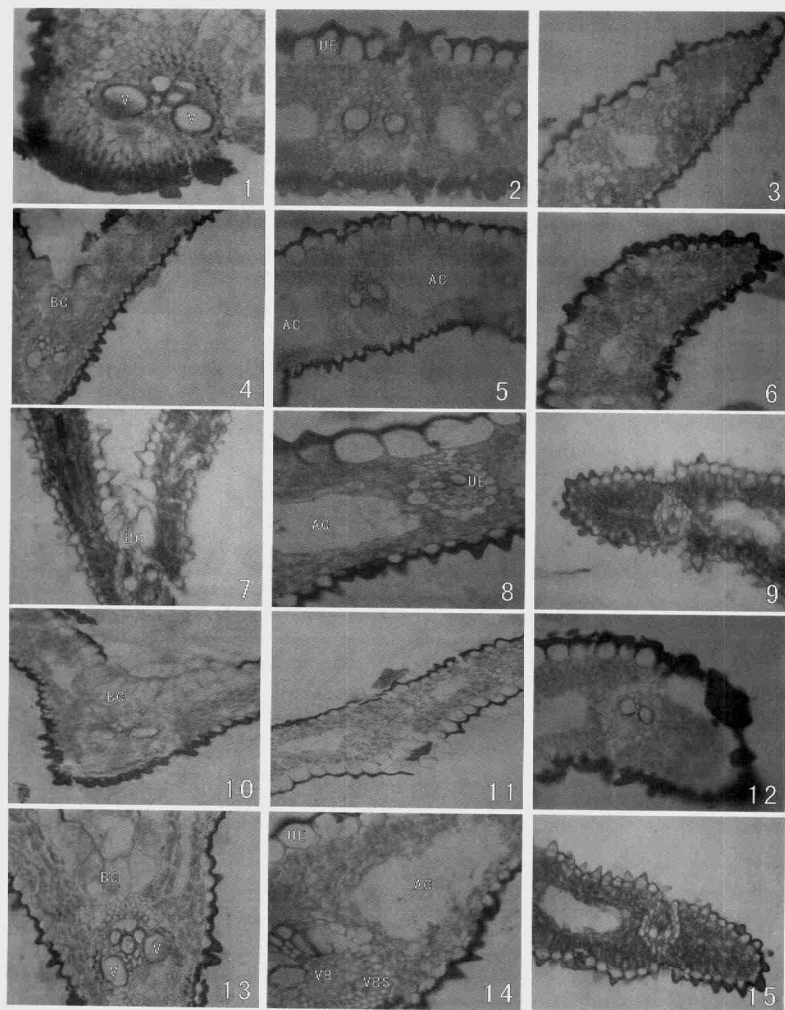
居群 Population	样点 Site	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔(m) Altitude	含水量(%) Water content	漂筏苔草盖度(%) Cover degree of <i>Carex pseudocuraica</i>	其他伴生植物 Other companion plant
单优 Single	样点 1	133°37'44.1"	47°47'20.7"	50	挤压出水	80~100	毛果苔草、忽略野青茅、灰脉苔草 (<i>C. lasiocarpa</i> , <i>Deyeuxia neglecta</i> , <i>C. appendiculata</i>)
共建 Commensal	样点 2	133°37'36.1"	47°47'18.6"	51	挤压出水	10~60	芦苇、毛果苔草 (<i>Phragmites australis</i> , <i>C. lasiocarpa</i>)
共建 Commensal	样点 3	133°37'37.2"	47°47'16.3"	49	水深 7~10 cm	20~40	甜茅、毛果苔草 (<i>Glyceria spiculosa</i> , <i>C. lasiocarpa</i>)
伴生 Companion	样点 4	133°37'38.5"	47°47'19.5"	45.6	水深 10 cm	1~5	甜茅 (<i>G. spiculosa</i>)
伴生 Companion	样点 5	133°5'16.2"	46°54'34.5"	53.2	水深 15~35 cm	1~5	小叶章 (<i>D. agustiifolia</i>)

2 结果与分析

2.1 五种生境中漂筏苔草叶片的结构特征

陈庆成等(1961)认为,生长在差异程度很大的不同环境条件下的同一种植物,它们的形态与解剖结构常表现出明显的趋异现象。但从本文的观察结果可知,各样地漂筏苔草叶的基本结构没有太大差异,它们并没有因生长环境的不同而形成特化的结构(图版 I),均具有以下特征:叶为等面叶,由表皮、叶肉和叶脉三部分构成。横切面外形为 V 字形,在两侧肋处最厚,并且外翻形成圆钝的突圆;中脉在远轴面突出,在近轴面形成凹槽;近轴面的表皮细胞远大于远轴面的表皮细胞;上下表皮细胞均为一层,形状较规则,呈圆形或方形,外壁较厚,表现为明显的

栓质化或木质化,并覆有角质膜;在表皮上有较多的表皮毛,呈乳突状,且下表皮的表皮毛明显多于上表皮;厚壁组织伴随在维管束附近;泡状细胞位于上表皮,但它不是位于两个维管束之间,而是位于中脉的凹槽处,泡状细胞壁薄易碎;气腔发育良好,大而明显,由许多较大的薄壁叶肉细胞破裂形成,形状不规则,有的维管束之间没有气腔存在;叶肉组织存在于气腔外围,没有栅栏组织和海绵组织的分化,由多层细胞构成,不为辐射状排列,具有大而多的叶绿体;叶脉维管束有主脉和侧脉之分,多而分布均匀,木质部位于近轴面,韧皮部位于远轴面,为外韧维管束,一般较大的和较小的相间排成一列,呈卵形或椭圆形,有的较小的维管束近圆形,内侧也有数层厚壁细胞环绕木质部;维管束鞘较明显,由两层细胞构成,外层细胞较大,为薄壁细胞,内层细胞较小,为壁较



图版 I 漂筏苔草叶片横切面图 1,4,7,10,13. 示中脉; 2,5,8,11,14. 示中段; 3,6,9,12,15. 示叶缘。1,2,3. 样点 1 横切面图($\times 128, \times 400, \times 60$); 4,5,6. 样点 2 横切面图($\times 400, \times 400, \times 400$); 7,8,9. 样点 3 横切面图($\times 400, \times 96, \times 400$); 10,11,12. 样点 4 横切面图($\times 400, \times 68, \times 400$); 13,14,15. 样点 5 横切面图($\times 400, \times 92, \times 400$)。V. 导管; AC. 气腔; UE. 上表皮; BC. 泡状细胞; VB. 维管束; EH. 表皮毛; VBS. 维管束鞘。

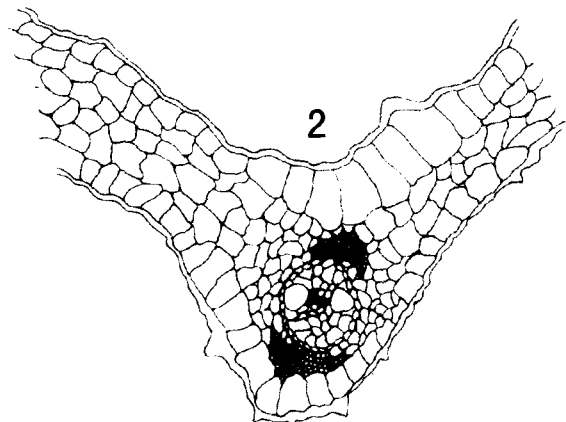
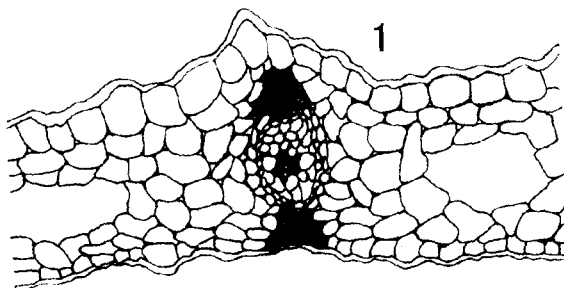
Plate I The cross section of leaf of the *Carex pseudocurica* 1,4,7,10,13. Showing midrib; 2,5,8,11,14. Showing middle piece; 3,6,9,12,15. Showing edge. 1,2,3. The cross section of leaf in the place 1($\times 128, \times 400, \times 60$); 4,5,6. The cross section of leaf in the place 2($\times 400, \times 400, \times 400$); 7,8,9. The cross section of leaf in the place 3($\times 400, \times 96, \times 400$); 10,11,12. The cross section of leaf in the place 4($\times 400, \times 68, \times 400$); 13,14,15. The cross section of leaf in the place 5($\times 400, \times 92, \times 400$). V. Vessel; AC. Air cavity; UE. Upper epiderm; BC. Balliform cell; VB. Vascular bundle; EH. Epiderm hair; VBS. Vascular bundle sheath.

厚的纤维状细胞,这与禾本科植物中的水稻、小麦等植物的维管束鞘结构很相似,是典型的 C_3 植物;在中脉两侧,叶的形状并不完全相同,总是一侧弯曲,一侧较平直,而且两侧最厚处的位置也不相同,但两侧维管束数目总是保持一致。这些结构特征与张树仁等(1998)对复序苔草亚属 14 种植物和加拿大大学者 Starr 和 Ford(2001)对苔草属植物 *Phyllostachys* 叶片解剖结构的研究结果具有很多相似性。

2.2 不同水分因子对叶片解剖结构的影响

各样地由于水深的不同,一些结构在数量、大小上表现出了较大差异。结果见表 2。各样点形态指标的差别主要是由水分因子引起的,随着水深的增加,叶片的中脉直径、最厚处厚度、后生导管直径、最大维管束两侧的气腔直径以及维管束个数也有所增加,且水分因子相差较大的样点差异显著或极显著,

而水分接近的样地(1 与 2,3 与 4)则差异不显著。中脉厚度:样点 5 显著大于样点 4($P=0.020$),样点 4 > 样点 3($P=0.677$),差异不显著,样点 3 显著大于样点 2($P=0.022$),样点 2 > 样点 1($P=0.564$),差异不显著;导管直径:样点 5 极显著大于样点 4($P<10^{-4}$),样点 4 > 样点 3($P=0.159$),差异不显著,样点 3 极显著大于样点 2($P<10^{-4}$),样点 2 > 样点 1($P=0.096$),差异不显著;维管束个数:样点 5 极显著大于样点 4($P<10^{-4}$),样点 4 > 样点 3($P=0.188$),差异不显著,样点 3 极显著大于样点 2($P<10^{-4}$),样点 2 > 样点 1($P=0.378$),差异不显著;叶片最厚处厚度:样点 5 极显著大于样点 4($P<10^{-4}$),样点 4 > 样点 3($P=0.069$),差异不显著,样点 3 极显著大于样点 2($P<10^{-4}$),样点 2 > 样点 1($P=0.143$),差异不显著;气腔直径:样点 5 极显著大于



图版 II 漂筏苔草叶片模式图 1. 示中段($\times 400$); 2. 示中脉($\times 400$)。

Plate II The pattern of leaf of the *Carex pseudocuraica* 1. Showing middle piece($\times 400$); 2. Showing midrib($\times 400$).

样点 4($P<10^{-4}$),样点 4 > 样点 3($P=0.236$),差异不显著,样点 3 极显著大于样点 2($P<10^{-4}$),样点 2 > 样点 1($P=0.135$),差异不显著。

3 讨论

生长在某一特定环境中的植物,在世代生活过程中,形成了一些适应环境的相对稳定的遗传特征,其中包括形态结构的适应特征(王勋陵,1993)。叶是植物的同化器官,同时又是蒸腾作用的主要器官,植物在生长过程中,其表面与外界环境接触,叶片直接暴露于空气中,外界环境的各种不利因素首先作用于叶片表面,因而,植物对环境的反应也较多地反

映在叶的形态和结构上(章英才等,2002)。因此,结合生态环境研究叶片的解剖结构,具有重要的生态学意义。对漂筏苔草叶片解剖结构的观察结果表明,它对于不同水分条件的适应突出表现在维管束数量和大小、导管直径、气腔大小以及叶片厚度等方面。

3.1 疏导组织

作物根—茎—叶维管束系统形成统一的有机连续整体,水分经过维管束中的导管来运输,因而作物的维管束和导管与水分的运输和代谢息息相关(刘飞虎等,1999)。发达的维管束及维管束鞘保证了良好的水分及营养物质的运输,并有保水、贮水功能(王丹等,2005)。可见,维管束的发达程度能够体现水分对植物体的供应程度。

Kocisis 等(2004)的研究结果表明,植物维管束束数的变化可能是对环境的适应。笔者认为,漂筏苔草叶片维管束束数随着水深的增加而增加的特征是环境变化的产物,是它对不同水分条件的适应性反应。费松林等(1999)对梵净山亮叶水青冈的解剖特征的生态格局和主导因子分析的研究表明:降雨量的增加导致水分输导功能的增加,表现为导管分子直径增加。陶勇等(2004)对空心莲子草茎的解剖结构与水湿生境关系的研究表明:随着水分的增加,

植物的导管直径极显著增加。本研究中,随着水深的增加,不论是中脉直径,还是导管直径均呈显著或极显著上升趋势,这是植物体对不同湿生或水生环境的一种适应性反应。在水分逐渐增加的情况下,植物体为了更好的疏散多余的水分,就要通过强有力的导管来行使这一功能,而大导管与小导管相比,水分运输阻力要小得多(郑丕尧,1992),从而增强了维管束中导管的运输能力,使其得到较好的进化,所以,导管直径和中脉厚度自然较大,这也体现了结构

表 2 五种生境下叶片结构的单因素方差分析和多重比较结果

Table 2 The result of One-Way ANOVA and Multiple comparisons of leaf anatomical structures of five environments

参数 Parameter	样点 Site	平均值 Mean value	单因素方差分析 One-Way ANOVA		多重比较 Multiple comparisons				
			F 值 F value	P 值 Sig.	参数对 C. P	平均参数 M. D.	标准误 Std. Error	P 值 Sig.	
中脉厚度(μm) Diameter of midrib	样点 1	582.530 0	10.856 **	$<10^{-4}$	1	2	23.310 0	40.107 77	0.564
	样点 2	605.840 0			2	3	95.370 0 *	40.10777	0.022
	样点 3	701.210 0			3	4	16.820 0	40.10777	0.677
	样点 4	718.030 0			4	5	96.610 0 *	40.10777	0.020
	样点 5	814.640 0			5	3	113.430 0 **	40.107 77	0.007
导管直径(μm) Diameter of vessel	样点 1	62.887 5	104.022 **	$<10^{-4}$	1	2	3.625 0	2.165 94	0.096
	样点 2	66.512 5			2	3	12.710 0 **	2.165 94	$<10^{-4}$
	样点 3	79.222 5			3	4	3.062 5	2.165 94	0.159
	样点 4	82.285 0			4	5	20.170 0 **	2.165 94	$<10^{-4}$
	样点 5	102.455 0			5	3	23.232 5 **	2.165 94	$<10^{-4}$
气腔直径(μm) Diameter of air cavity	样点 1	207.628 0	127.185 **	$<10^{-4}$	1	2	20.487 0	13.596 47	0.135
	样点 2	228.115 0			2	3	76.675 0 **	13.596 47	$<10^{-4}$
	样点 3	304.790 0			3	4	17.080 0	13.596 47	0.236
	样点 4	321.870 0			4	5	168.070 0 **	13.596 47	$<10^{-4}$
	样点 5	489.940 0			5	3	185.150 0 **	13.596 47	$<10^{-4}$
维管束个数 Number of vascular bundle	样点 1	16.000 0	149.798 **	$<10^{-4}$	1	2	0.400 0	0.448 89	0.378
	样点 2	16.400 0			2	3	2.100 0 **	0.448 89	$<10^{-4}$
	样点 3	18.500 0			3	4	0.600 0	0.448 89	0.188
	样点 4	19.100 0			4	5	6.263 6 **	0.448 89	$<10^{-4}$
	样点 5	25.363 6			5	3	6.863 6 **	0.448 89	$<10^{-4}$
最厚处厚度(μm) The maximum thickness	样点 1	568.260 0	13.661 **	$<10^{-4}$	1	2	23.050 0	15.622 02	0.143
	样点 2	591.310 0			2	3	87.130 0 **	15.622 02	$<10^{-4}$
	样点 3	678.440 0			3	4	28.696 5	15.622 02	0.069
	样点 4	707.135 0			4	5	179.970 0 **	15.622 02	$<10^{-4}$
	样点 5	887.105 0			5	3	208.665 0 **	15.622 02	$<10^{-4}$

* 表示在 0.05 水平上差异显著; ** 表示在 0.01 水平上差异显著。

* Show significant difference at 0.05 level; ** Show significant difference at 0.01 level.

与功能的统一。

3.2 通气组织

生长于湿地中的漂筏苔草,叶片常常漂浮于水的表面,植物体为了更好地进行呼吸作用,表现出较大的气腔,这对于湿生或沼生植物来说是很重要的结构,也是漂筏苔草湿生性状的最显著特征。气腔

增强了叶片吸收、存储空气中气体的能力,氧和二氧化碳等气体通过植物体暴露在空气中的部分进入体内,供生长发育的需要,以弥补根呼吸的不足(张兴等,2003)。水分越深的地方,植物体进入水中的比例越大,由根部供应植物体呼吸的气体越少,为了保持气体平衡,必须采取其他增加体内气体的方式

——增加叶片的气腔大小,使植物能够正常地进行呼吸作用和光合作用。

3.3 叶片厚度

叶片厚度常作为衡量植物抗旱性的一个指标(张红霞等,2005)。大量研究表明,植物叶片越厚,储水能力越强(陈豫梅等,2001)。一般认为,小叶型是耐旱的特征,细小的叶型可以减少水分蒸发面积(王丹等,2005)。但费松林等(1999)的研究结果表明,随降水量或水分指数的增加,亮叶水青冈叶片总厚度呈现的增加趋势,是细胞体积增加的结果,这种水分因素与叶片厚薄的关系与在逆境下(如干旱、盐碱度增加)细胞层数增加导致叶片增厚的结论(Lindorf,1994;Huner等,1981)有本质区别。本文中,湿生植物漂筏苔草叶片与其他中生、旱生植物相比厚度较大,它的增厚可能也不是为了抵御干旱等不良环境,而是由于湿生环境使得漂筏苔草的叶肉内增加了许多大型的薄壁细胞和发达的通气组织所致,是植物体长期适应缺氧环境的结果,这是湿生植物的另一显著特征,这与前人的结论并不矛盾。而且随着水分的增加,植物为了适应多水的环境,叶片的气腔、叶肉细胞、表皮细胞等必然要有所增大,叶片厚度也相应的增加,这也是湿生植物对环境的一种适应性反应。

致谢 本实验感谢黑龙江省科学院自然资源研究所生物科室所有人员的大力支持,更要感谢李景富教授在取样方法中给予的指导。

参考文献:

- 王勋陵. 1993. 植物生态解剖研究进展[J]. 植物学通报, 10(增刊): 1-10.
- 陈豫梅, 陈厚彬, 陈国菊, 等. 2001. 香蕉叶片形态结构与抗旱性关系的研究[J]. 热带农业科学, 4: 14-16.
- 郑丕尧. 1992. 作物生理学导论[M]. 北京: 北京大学出版社: 153-158.
- Chen QC(陈庆成), Zhang GL(张国梁), Sun YW(孙仰文). 1961. A preliminary study of ecological-morphological and anatomic characteristics of plant community dominant species at Shule River middle and lower reaches(疏勒河中、下游植物群落优势种生态—形态解剖特征的初步研究)[J]. Lanzhou Univ (Nat Sci)(兰州大学学报), 3: 61-89.
- Fei SL(费松林), Fang JY(方精云), Pan YJ(樊拥军). 1999. Anatomical characteristics of leaves and woods of *Fagus lucida* and their relationship to ecological factors in Mountain Fanjingshan, Guizhou, China(贵州梵净山亮叶片和木材的解剖学特征及其与生态因子的关系)[J]. Acta Bot Sin(植物学报), 41(9): 1002-1009.
- Huner N P A, Palta J P, Li P H, et al. 1981. Anatomical changes in leaves of *Puma rye* in response to growth at coldhardening temperature[J]. Bot Gaz, 142: 55-62.
- KOCSISM, KDAROK J, BORHIDIA. 2004. Comparative leaf and stem anatomy and morphology of some neotropical *Rondeletia*(Rubiaceae) species[J]. Plant Systematics and Evolution, 248: 205-218.
- Lindorf H. 1994. Eco-anatomic wood features of species from a very dry tropical forest[J]. IAWA J, 15: 45-61.
- Liu FH(刘飞虎), Zhang SW(张寿文), Liang XN(梁雪妮), et al. 1999. Study on morphological and anatomic characteristics of ramie varieties under drought conditions(干旱胁迫下不同苧麻品种的形态解剖特征研究)[J]. China's Fiber Crops(中国麻作), 21(4): 1-6.
- Starr J R, Ford B A. 2001. The taxonomic and phylogenetic utility of vegetative anatomy and fruit epidermal silica bodies in *Carex* section *Phyllostachys* (Cyperaceae)[J]. NRC Research Press Web, 3: 362-379.
- Tao Y(陶勇), Jiang MX(江明喜). 2004. Study on anatomical structure adaptation of stem of *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb to various water condition(空心莲子草茎的解剖结构对不同水湿生境的适应研究)[J]. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究), 22(1): 65-71.
- Wang D(王丹), Luo JX(骆建霞), Shi YS(史燕山), et al. 2005. Study on drought resistance of two ground cover plants through microanatomical character observation(两种地被植物解剖结构与抗旱性关系的研究)[J]. J Tianjin Agric Coll(天津农学院学报), 12(2): 15-18.
- Zhang HX(张红霞), Liu GH(刘果厚), Cui XP(崔秀萍). 2005. Affection of aridity to anatomical structure of leaf of *Ulmus pumila* L. var. *sabulosa*(干旱对浑善达克沙地榆叶片解剖结构的影响)[J]. Bull Bot Res(植物研究), 25(1): 39-44.
- Zhang SR(张树仁), Liang SJ(梁松筠), Dai LK(戴伦凯). 1998. Leaf anatomy of fourteen species in *Carex* subgenus *Indocarex*(Cyperaceae)(苔草属复序苔草亚属十四种植物叶片的解剖学研究)[J]. Acta Phytotax Sin(植物分类学报), 36(4): 333-340.
- Zhang X(张兴), Yang XJ(杨晓杰). 2003. Study of leaves characters of 3 species and relationship between structure and moist habitat(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]. J Sci Teachers' Coll Univ(高师理科学刊), (1): 46-49.
- Zhang YC(章英才), Zhang JN(张晋宁). 2002. Study on relationship between structure of leaves of *Halopteron arachnoideus* Miq and environment(白茎盐生草叶片结构与盐生环境关系的研究)[J]. J Ningxia Agric Coll(宁夏农学院学报), 23(1): 30-32.