DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-3142. 2013. 02. 016

李凤英 梁士楚. 元宝山南方红豆杉的解剖结构及其环境适应性[J]. 广西植物 2013 33(2): 219-224 Li FY Liang SC. Anatomical structure and environmental adaptability of *Taxus wallichiana* var. *mairei* in yuanbaoshan[J]. Guihaia 2013 33(2): 219-224

元宝山南方红豆杉的解剖结构及其环境适应性

李凤英¹²,梁士楚^{12*}

(1. 广西师范大学 生命科学学院,广西 桂林 541004; 2. 珍稀濒危动植物生态与 环境保护省部共建教育部重点实验室,广西 桂林 541004)

摘 要: 以分布于广西北部元宝山自然保护区的南方红豆杉为研究对象,利用石蜡切片方法和光学显微技 术 对其茎和叶的解剖结构及其对环境的适应性进行了研究和探讨。结果表明:(1)茎和叶的表皮细胞均较 小 ,外壁角质层发达,胞内富含单宁类物质;(2)1~2年生茎无周皮,皮层基本薄壁组织分成5瓣,茎横切面呈 "梅花"形 3年生茎具周皮,次生韧皮部薄壁组织发达、细胞内含物丰富;(3)叶片下表皮气孔带和中脉带均有 角质层乳状突起分布 乳突大而密集,气孔仅分布于下表皮,气孔器为双环型,叶肉海绵组织发达,约占叶肉厚 度的3/4。进一步分析显示,元宝山南方红豆杉茎和叶的解剖结构与元宝山的中亚热带山地气候和阴生环境 相适应;与前人研究结果不同,本研究发现叶片角质层乳状突起遍布下表皮,这可能与元宝山南方红豆杉的分 布区海拔高且环境温度低有关。

关键词:南方红豆杉;茎;叶;解剖结构;环境适应;元宝山 中图分类号: Q944.53 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2013) 02-0219-06

^{*} Anatomical structure and environmental adaptability of *Taxus wallichiana* var. *mairei* in Yuanbaoshan

LI Feng-Ying^{1 2} , LIANG Shi-Chu^{1 2*}

(1. College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China; 2. Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University), Ministry of Education, Guilin 541004, China)

Abstract: The anatomy structures of stems and leaves of *Taxus wallichiana* var. *mairei* from Yuanbaoshan Nature Reserve, northern Guangxi were studied by paraffin-sectioning and optical microtechnique to explore the adaptability. The results showed that epidermal cells of the stems and leaves were small and the well-developed horny layers of the cells with abundant tanning were found. Periderms of stems were absent in 1-2 year-old individuals. Ordinany parenchyma of cortex was composed of 5 lamellas. The cross section of stem seemed to be quincuncial. Periderms in stems of 3-year-old individuals were found followed by the finding of developed parenchymatous tissue with abundant cellular contents in the secondary phloem. Midvein had the same corneous layer emulsion swelled of stomatal band in the lower epidermis of leaf and the papillate was dense and large. Stomas with bicyclic stomatal apparatus of the leaves were only detected in the lower epidermis. The spongy tissue constituted a three-quarter proportion in the thickness of the mesophyll. Further analysis indicated that the anatomy structures of stems and leaves were considered as adaption to the mid-subtropica mountain climatic and shade environment. Opposite to previous stud-ies jt was found that the corneous layer emulsion swelled is spread all over the lower epidermis of leaf which were correlated with the higher elevation and lower temperature of the habitat.

Key words: Taxus wallichiana var. mairei; stem; leaf; anatomical structure; environment adaptability; Yuanbaoshan

基金项目: 省部共建教育部重点实验室研究基金(桂科能1101Z001);广西师范大学实验室管理创新与技术革新基金(2012GJY22)

作者简介: 李凤英(1960-) 友 广西桂平人 高级实验师 主要从事植物学实验技术和植物形态解剖学研究 (E-mail) lify@ mailbox.gxnu.edu.cn。

*通讯作者: 梁士楚 教授 硕士生导师 ,主要研究方向为湿地生态、红树林生态和植物生态 , E-mail) gxlsc@ mailbox. gxnu. edu. cn。

^{*} 收稿日期: 2012-08-19 修回日期: 2012-10-11

南方红豆杉(Taxus wallichiana var. mairei)为红 豆杉科红豆杉属植物。南方红豆杉列为红豆杉 (Taxus chinensis)的变种 Taxus chinensis var. mairei (中国科学院中国植物志编辑委员会,1978)。在最 新的中国植物志(电子版)中(吴征镒等,2008),南 方红豆杉归并为喜马拉雅红豆杉(Taxus wallichiana)的变种 Taxus wallichiana var. mairei,而红豆杉 则归并为喜马拉雅红豆杉的另一个变种 Taxus wallichiana var. chinensis。因此,南方红豆杉不是红豆杉 的变种。

南方红豆杉是集观赏、材用和药用于一身的珍 贵树种 由于该物种自然繁殖更新能力较低 加之长 期的严重砍伐,现已处干濒危状态(茹文明等, 2005)。广西元宝山自然保护区是南方红豆杉的集 中分布区之一,保存着较完整的南方红豆杉林。在 自然状态下元宝山南方红豆杉种群的延续扩展途径 主要是无性繁殖 即通过活立木或风倒木茎干、枝干 萌发分株 最终脱离母体(基株)而"独立"成株等方 式进行无性繁殖。目前,元宝山南方红豆杉的构件 种群结构(黄玉清等,1998),无性系种群结构和动 态(李先琨等,2004),以及克隆种群分布格局的分 形特征(向悟生等,2007)等生态学方面已有报道, 而解剖学方面仅对其气生不定根作了研究(李凤英 等 2007)。有关南方红豆杉的解剖结构研究,王惠 玲等(2004) 曾对其茎叶结构有过一些描述,谭小明 等(2006)对根的结构及其内生真菌分布进行了报 道 李孝伟等(2007) 对两个不同地区的叶片结构进 行了比较。红豆杉营养器官的解剖学研究 孙郡等 (1997) 也作了报道。在这些研究中 茎横切面的形态 结构特征与叶片角质层乳状突起的发育及分布等重 要特点未见报道 其解剖结构与环境的适应性研究也 鲜见报道。本文对元宝山南方红豆杉的茎、叶进行 全面系统的解剖学观察,并从解剖学的角度探讨其 结构与环境的适应关系,为南方红豆杉的资源保护、 生态恢复和可持续开发利用提供科学依据。

1 研究区自然概况

元宝山自然保护区位于广西中部(109°07′~ 109°13′E、25°22′~25°32′N),是广西起源最古老 的山体 属中山地貌,主峰2081 m。元宝山地处中 亚热带 属亚热带季风气候,山地气候特征明显,雾、 雨多,日照少,年均降水量2300 mm 以上。年均气 温 16.4 ℃,最冷月平均气温-10~-8 ℃,在海拔 1 400~2 081 m 区间,≥10 ℃的年积温 1 900~3 400 ℃ 林内湿度 90% 以上。南方红豆杉分布在海拔 1 550 m 以上范围,而主要集中分布在蓝坪峰周围 海拔 1 900 m 以上的地区,生长于沟谷两旁,山坡很 少见到,尤其阳坡和半阳坡。其生境主要为中山针 阔叶混交林,群落总盖度达 95%,环境潮湿,苔藓密 布.枯立木、枯倒木较多,枯枝落叶层厚,附生现象突 出。土壤为花岗岩发育的棕黄壤,岩石出露较多,土 层质地疏松(黄玉清等,1998)。

2 材料与方法

实验材料采自元宝山自然保护区,凭证标本藏于广西植物研究所植物标本馆。采集了2个调查样地的代表植株,随机选取植株朝阳方向的枝条(茎、叶),置于 FAA 溶液中固定。

采用石蜡切片方法制片(李凤英等,2007),切 片厚度为10~15 μm,番红——固绿双重染色。叶 表皮采用次氯酸钠离析方法制备,番红水溶液染色 (李凤英等 2004)。制片均用 Olympus Dp70 显微镜 观察、测量和摄影。

3 结果与分析

3.1 茎的解剖结构

3.1.1 茎的初生结构 元宝山南方红豆杉的幼茎(带 叶枝条)横切面呈 "梅花"形,皮层花瓣状向外隆起, 表皮呈脊沟状分布,无周皮结构。从外至内由表皮、 皮层、维管柱3部分组成,无树脂道(图版I:1-3)。

表皮由 1 层近方形或长方形细胞组成。细胞小 而排列紧密 ,平均厚度为 19.48 μm; 细胞内富含单 宁类物质而呈深色 ,细胞外壁覆盖着厚的角质层 ,平 均厚度为 7.60 μm(图版 Ι:2)。

皮层占据幼茎横切面积的大部分,并分裂成5 瓣环绕维管柱;各瓣大小不等,其中3 个较大,2 个 较小,均由6~7 层细胞组成(图版 I:1-2)。紧接表 皮的1层细胞较小,细胞壁厚,排列整齐紧密,无胞 间隙,明显分化为外皮层;外皮层内侧为3~4 层径 向延伸的多边形薄壁细胞,细胞较大,最大的细胞直 径达 85.80 μm。皮层内侧围绕着维管柱的3~4 层 薄壁细胞较小,但无明显的内皮层分化,这些细胞大 部分含有单宁类物质,特别是紧挨维管柱的1 层细 胞,胞内富含单宁而呈明显的深蓝色。另外 瓣状皮 层外侧的棱角处,有少量的厚壁细胞。

维管柱由维管组织和髓 2 部分组成 横切面呈 明显的柱状(图版 I:3)。维管组织连接成环状,由 初生木质部和初生韧皮部组成,两者之间有形成层。 初生木质部仅有管胞 横切面呈方形 径向紧密整齐 排列。初生韧皮部主要由筛胞和韧皮薄壁细胞组 成 其间有含单宁类物质的薄壁细胞零散分布。髓 位于茎中央,占维管柱内相当大的部分,由等径多面 体形、近圆形或椭圆形的大型薄壁细胞组成,细胞较 大 最大细胞直径达 54.40 μm。

3.1.2 茎的次生结构 次生结构主要由周皮和次生 维管组织组成,初生木质部和髓部仍保留在茎中央 (图版 I:4)。茎的横切面为近圆形或椭圆形,叶已 脱落,初生结构中的表皮和皮层被挤压破碎,而其花 瓣状结构尚残留可见(图版 I:4)。周皮由木栓层、 木栓形成层和栓内层组成。木栓具多层细胞,细胞 呈扁长方形,径向纵行排列,细胞壁厚;栓内层为1 层近方形的薄壁细胞,胞内富含单宁类物质而呈深 蓝色(图版 I:5)。次生维管组织由次生木质部、维 管形成层、次生韧皮部和维管射线组成。次生木质 部由管胞组成,管胞呈方形,排列成整齐的径向行 列。木质部中年轮明显(图版 I:6)。从木质部的 年轮可见,周皮一般在3年生的茎中才产生。次生 韧皮部由筛胞和韧皮薄壁细胞组成,韧皮部薄壁组 织发达,细胞大而多、内含物丰富。维管射线由木射 线和韧皮射线组成,细胞径向伸长、单列,排列紧密, 在横切面上呈放射状,木射线的细胞较小,韧皮射线 的细胞较大,射线细胞均富含单宁类物质呈深蓝色。 茎的次生结构中也无树脂道(图版 I:4-6)。



图版 I 南方红豆杉茎的横切解剖结构 1.茎的初生结构(E-表皮 C-示皮层 N-维管柱);2.表皮和皮层;3.维管柱;4.茎的次生结构; 5.周皮和次生维管组织;6.木质部和髓。

Plate I Anatomical structure cross section of stems of *Taxus wallichiana* var. *mairei* **1**. Primary structure of stem(E-epidermis ,C-cortex ,V-vasculav stele); **2**. Epidermis and cortex; **3**. Vasculav stele; **4**. Secondary structure of stem; **5**. Periderm and secondary vascular tissue; **6**. Xylem and pith.

3.2 叶的解剖结构

南方红豆杉叶呈条形,革质,横切面由表皮、叶 肉和叶脉3部分组成(图版Ⅱ:7)。气孔器仅在下 表皮有分布,气孔下具有大的孔下室(图版Ⅱ:8-9)。

表皮横切面观:上、下表皮均由1层细胞组成,胞 内富含单宁类物质而呈深蓝色(图版II:7-9)。上表皮 细胞呈近方形或长方形,平均厚度为26.12 μm,排 列整齐紧密,外壁覆盖着厚的角质层,平均厚度为 7.10 µm,无乳头状突起,横切面上呈线形。下表皮 细胞呈三角形或半圆形,平均厚度为23.40 µm,排 列紧密,犬牙状向外凸起,外壁也覆盖着较厚的角质 层,平均厚度为6.50 µm,叶基部以上部位的下表 皮,细胞外壁的角质层有明显的乳头状突起(最长 的乳突达10 µm),在叶片横切面上均匀密布,似



图版 Ⅱ 南方红豆杉叶的解剖结构 7-10.叶的横切面 7.叶的整体结构; 8. 中脉的结构; 9. 叶片的结构(局部); 10. 叶基部,示无乳状 突起的部位。11-14. 叶表皮表面观 11. 上表皮; 12. 下表皮 示气孔带和中脉带; 13. 中脉带 示乳状突起(▲指); 14. 气孔带 示气孔(△指) 和 乳状突起(▲指) 。

Plate II Anatomical structure of leaves of *Taxus wallichiana* var. *mairei* 7-10. Transverse section of leaf 7. Anatomical structure cross section of midrib; 9. Anatomical structure cross section of leaves; 8. Anatomical structure cross section of midrib; 9. Anatomical structure cross section of leaves; 10. Location papillateless at the base of leaf. 11-14. The surface structure of leaf 11. Upper epidermis; 12. Lower epidermis show stomal zone and midrib zone; 13. Midrib zone (\triangle) shows papillae; 14. Stomal zone (\triangle) shows stoma and(\triangle) shows papillae.

表皮毛状在下表皮外侧形成一道天然屏障(图版 Ⅱ:8-9),增强表皮的保护功能。而叶基部(极少部 分)的下表皮,细胞外壁无乳突分布,由角质层与表 皮细胞呈犬牙状交错彼此镶嵌(图版Ⅱ:10),组成1 层紧密而坚固的保护组织,加强表皮的机械支持和 保护作用。

表皮表面观:上表皮细胞的形状、分布均匀一 致,呈长方形或近方形,细胞壁比较平直,无乳突和 气孔器分布(图版Ⅱ:11)。下表皮细胞结构比较复 杂,具有明显的中脉带和气孔带(图版Ⅱ:12)。中 脉带细胞呈狭长方形,细胞长轴与叶脉平行,细胞侧 壁微波状,端壁横或斜(图版Ⅱ:13)。气孔带位于 中脉带两侧,较宽,细胞呈近长方形或不规则多边 形,气孔器呈纵列分布,每带具有13~14列;保卫细 胞2个 副卫细胞4~6个(图版Ⅱ:14),气孔器为 双环型(姚壁君等,1982)。中脉带和气孔带均遍布 着大而密集的乳突(图版Ⅱ:11)。

叶肉分化成明显的栅栏组织和海绵组织。栅栏 组织大多由1层(少数有2层)长柱形细胞组成,平 均厚度为67.03 μm,约占叶肉厚度(277.48 μm)的 1/4 细胞排列整齐紧密。海绵组织由多层形状不规则的薄壁细胞组成,平均厚度为210.45 μm,约占叶 肉厚度的3/4;细胞排列疏松,具有大量的细胞间 隙,并与气孔相通,具有较强的气体交换功能(图版 I:9)。栅栏组织和海绵组织的细胞内均含有大量 的叶绿体,而栅栏组织和海绵组织的厚度之比较低, 比值为0.32。

叶脉为单脉,近轴面隆起,远轴面扁平(图版 Ⅱ:7-8),平均厚度为490.00 μm,比叶片平均厚度 (327.00 μm)大163.00 μm,与叶片的比值为1.50。 叶脉维管束主要由初生木质部和初生韧皮部组成, 为外韧维管束。木质部管胞较小,韧皮部薄壁细胞 较大,其中还有富含单宁类物质的细胞分布;维管束 的左右两侧各有一个转输组织,转输管胞成团与维 管束平行,在横切面上呈翼状,为红豆杉型(姚壁君 等,1982;孙珺等,1997);在维管束和与其连接的转 输组织外侧,有1层由大型薄壁细胞组成的维管束 鞘 鞘细胞排列不十分规则(图版Ⅱ:8)。

3.3 茎的结构特点及其对环境的适应

元宝山南方红豆杉1~2年生茎尚无周皮结构 (图版 I:1),一般3年生茎周皮才产生(图版 I: 4) 与红豆杉相同(孙珺等,1997)。茎的中央有薄 壁细胞组成的髓,与日本学者 Tsuneo & Fuji(1994) 报道的红豆杉属茎为中空结构不同。茎在初生生长 期 表皮、皮层随着叶的螺旋生长方式向外隆起呈纵 棱 环绕于维管柱外周在横切面上形成"梅花"形 (图版 [:1)。其表皮细胞小,外壁具有厚的角质 层 两者构成了坚硬而致密的保护组织 增强了茎的 坚固性和机械支持作用 同时 厚的角质层还能有效 地反射阳光、防止茎内水分散失、抵御寒冷等不良环 境因子的侵害。皮层厚,薄壁细胞大(图版 [:2), 次生韧皮部薄壁组织发达,细胞多且内含物丰富 (图版]:4-5)。这些薄壁组织均利于增强茎的贮藏 作用 在温暖湿润的生长季节满足生长需要 在冬季 寒冷的环境条件下维持正常生理功能 增强抗逆性。

表皮和栓内层细胞中富含的单宁类物质,是其 结构与环境相适应的一种表现。单宁对抗寒起一定 的作用,是明显的高山植物解剖结构特征(王勋陵 等,1989),单宁还能保护植物免于脱水(Fahn, 1990)。元宝山南方红豆杉分布在海拔1550m以 上尤其集中分布在蓝坪峰周围海拔1900m以上的 山区,单宁类物质能有效减少高山环境因子的胁迫。 3.4 叶的结构特点及其对环境的适应

元宝山南方红豆杉叶为典型的异面叶,叶肉分 化为明显的栅栏组织和海绵组织,但栅栏组织和海 绵组织的厚度比仅为 0.32,海绵组织疏松。其栅/ 海值低,胞间隙大,气孔下具有大的孔下室,呈现为 典型的阴生结构特征(图版 II:8-9)。这种结构特征 有利于提高气体的交换和贮存功能,使叶在水分充 足但通气性较差和光照较弱的条件下更有效地进行 光合作用。

叶的上、下表皮细胞均小,外壁覆盖 6.5~7.6 μm 厚的角质层,胞内充满单宁类物质,气孔仅分布 于下表皮;下表皮细胞呈犬牙状向外凸起,外壁具密 集的角质层乳状突起,则表现为明显的高山植物形 态结构和抗寒特征,以及对弱光环境的适应(图版 Ⅱ:8-10)。王勋陵等(1989)认为,叶片增厚的角质 层对增强高山植物的御寒性有一定作用。与茎一 样,叶表皮厚的角质层除有保暖作用外,还增强叶表 面的机械支持强度和保护功能,能有效地抵御寒潮、 冰霜等不良因子的侵害,防止冻伤和反渗透失水。 下表皮中脉带和气孔带均密布角质层乳头状突起 (图版 I:8-9,12-14),能更有效地抵御低温侵袭。 下表皮细胞呈犬牙状向外凸起,是适应低光环境的 形态特征,表现出叶对阴湿条件和低光环境的适应。 3.5 叶下表皮角质层特点与环境的关系分析

本研究对叶的横切面和整体离析的观察结果表 明,元宝山南方红豆杉叶片的中脉带和气孔带均有 明显的角质乳头状突起(图版 II:7-9,12-14),除了 叶基部较少部分无乳突外(图版 II:7-9,12-14),除了 叶尖均有乳突均匀分布(图版 II:7-9,12-14),与红 豆杉属叶表皮特征的类型 I相同(桂耀林等, 1974)。据文献记录(中国科学院中国植物志编写 委员会,1978),南方红豆杉叶片下表皮中脉带无角 质乳状突起,或只有少量的成片或零星分布的角质 乳头状突起,或与气孔带相邻的中脉带两边有一至 数条角质乳头状突起点,中脉带明晰可见。本研究 结果与该项文献记录有所不同。

4 结论与讨论

据桂耀林等(1974)研究,红豆杉属叶子角质乳 突在中脉带和气孔带的分布性状由生态环境的变化 而变异,与垂直分布的海拔高低有关,分布海拔高的 植株乳突大而密集,遍布于气孔带和中脉带。贺金

生等(1994) 在对高山栎叶研究时也指出,叶片背面 的角质膜厚度随海拔的升高而增厚。元宝山南方红 豆杉叶的乳突分布性状,与他们的研究观点相符。 也曾有学者指出,叶片上角质突起的有无或发育程 度不同,可能与气候条件或地理分布有关(Baas, 1970)。胡玉熹(1984)在对三尖杉属植物叶片结构 比较观察时,也曾发现有叶片下表皮角质突起情况 与前人研究报道有较大出入的现象。另外,桂耀林 等(1974) 也指出 紅豆杉属的叶表皮结构类型并不 专一的为某一种植物所特有。因此作者认为,元宝 山南方红豆杉叶的乳突分布性状与以往文献记录有 所不同 与其分布的垂直海拔高度有关。元宝山南 方红豆杉叶下表皮的乳突全面发育,遍布中脉带和 气孔带 是其叶结构对高海拔山区寒冷、潮湿气候环 境的一种适应,也是叶的结构增强抗寒和抗逆性能 适应环境的一种表现。

综上所述,从元宝山南方红豆杉茎叶的形态结 构分析,表皮细胞小,外壁具有厚的角质层,多种细 胞中含有丰富的单宁类物质,对高海拔山区防寒作 用是有效的。从器官结构适应环境所采取的对策而 言,元宝山南方红豆杉的茎叶首先是利用表皮外厚 的角质层增强保护作用,抑制蒸腾失水和提高抗逆 性,适应高山环境,采用了保护型对策;其次是利用 茎相对厚的皮层增加贮存功能,再通过单宁细胞和 富有内含物的韧皮薄壁细胞改变渗透压,提高机体 的保水和抗寒功能,来抵抗不良环境因子的胁迫,采 用了忍耐型对策。

参考文献:

- Fahn A(著) 吴树明 刘德仪(译). 1990. 植物解剖学[M]. 天津:南开大学出版社:350
- 中国科学院中国植物志编辑委员会. 1978. 中国植物志(第7 卷) [M]. 北京:科学出版社:443-445
- 王勋陵, 王静. 1989. 植物形态结构与环境 [M]. 兰州: 兰州大 学出版社: 74
- Baas P. 1970. Anatomical contributions to plant anatomy I. Floral and vegetative anatomy of Eliaea from Madagascar and *Gratoxylum* from Info-Malesia(Guttiferae) [J]. *Blumea* 18: 369 – 391
- He JS(贺金生) , Chen WL(陈伟烈) , Wang XL(王勋陵) . 1994. Morphological and anatomical features of *Quercus* section suber and its adaptation to the ecological environment(高山栎叶的形 态结构及与生态环境的关系) [J]. Acta Phytaecol Sin(植物生 态学报) , **18**(3) 219 – 227
- Hu YS(胡玉熹). 1984. Comparative anatomy of the leaves of *Cephalotaxus*(Cephalotaxaceae) (三尖杉属植物叶片结构的比较观察)

[J]. Acta Phytotax Sin(植物分类学报) 22(4):289-296

- Huang YQ(黄玉清), Li XK(李先琨), Su ZM(苏宗明). 1998. Studies on the modular population structure of *Taxus chinensis* var. *mairei* Yuanbaoshan *G*uangxi *China* iv. size structure(元宝 山南方红豆杉构件种群结构研究——IV. 大小结构) [J]. *Guihaia*(广西植物), **18**(4):384-388
- Kwei YL(桂耀林), Hu YS(胡玉熹). 1974. Epidermal feature of the leaves of Taxus in relation to taxonomy(红豆杉属叶子的表 皮特征与分类的关系) [J]. Acta Phytotax Sin(植物分类学 报) 12(3): 275 – 293
- Li FY(李凤英), Tang SQ(唐绍清), Wang RX(王任翔), et al. 2004. The anatomy study on nutritive organs of aspidistra plants in China(中国蜘蛛抱蛋属植物营养器官的解剖学研究)[J]. *Guihaia*(广西植物) **24**(3):239-242
- Li FY(李凤英), Tang SQ(唐绍清), Li XK(李先琨). 2007. Anatomical structure and development of aerial adventitious roots of *Taxus chinensis* var. *mairei*(南方红豆杉气生不定根的解剖结 构及发育) [J]. *J Hainan Univ: Nat Sci Edit*(海南大学学报・ 自然科学版) **25**(2):152-155
- Li XK(李先琨), Xiang WS(向悟生), Su ZM(苏宗明). 2004. Structure and dynamics of *Taxus chinensis* var. *mairei* clonal population(南方红豆杉无性系种群结构和动态研究 [J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报) **15**(2):177-180
- Li XW(李孝伟), Jin XL(靳秀丽), Liang YS(梁彦生). 2007. Observation of dissecting constructures of *Taxus mariei* in two areas(两地区南方红豆杉叶片解剖结构观察 [J]. *J Henan Inst Sci Technol: Nat Sci Edit*(河南科技学院学报・自然科学版), **35**(3):38-41
- Ru WM(茹文明) Zhang JT(张金屯) Zhang GP(张桂萍) *et al.* 2005. The study tendency on the endangered plant *Taxus mairei* (濒危植物南方红豆杉的研究进展 [J]. *J Changzhi Univ*(长 冶学院学报) **22**(5):16-20
- Sun J(孙珺), Hu ZH(胡正海). 1997. Anatomical studies on the vegetative organs of *Taxus chinensis*(红豆杉营养器官的解剖 学研究 [J]. *Acta Bot Bor-Occ Sin*(西北植物学报), **17**(5): 75-79
- Tan XM(谭小明) Guo SX(郭顺星). 2006. RootM icrostructure and D istribution of the Endophytic Fungi in *Taxus chinensis* var. *mairei* (红豆杉根的显微结构及其内生真菌分布) [J]. Acta Acad Med Sin(中国医学科学院学报) 28(3): 372-374
- Wang HL(王惠玲), Li XW(李秀文). 2004. Study on the anatomical construction of cane and leaf in *Taxus mairei*(南方红豆 杉茎叶解剖结构的研究 [J]. *J Taiyuan Norm Univ: Nat Sci Edit*(太原师范学院学报:自然科学版) **3**(4):79-80
- Xiang WS(向悟生), Li XK(李先琨), Su ZM(苏宗明), et al. 2007. Fractal properties of distribution patterns of *Taxus chinensis* var. mairei clonal populations in the Yuanbaoshan mountain China(元宝山南方红豆杉克隆种群分布格局的分形特征[J]. J Plant Ecol(植物生态学报) **31**(4):568-575
- Yao BJ(姚壁君),Hu YS(胡玉熹). 1982. Comparative anatomy of conifer leaves(松柏类植物叶子的比较解剖观察 [J]. Acta Phytotax Sin(植物分类学报) 20(3):275-293