

安徽黄山华中五味子次生木质部的生态解剖

史刚荣, 王旭明, 张 铮

(淮北煤炭师范学院 生物系, 安徽 淮北 233500)

摘要: 对安徽黄山海拔 420~1 840 m 的华中五味子茎的次生木质部进行了生态解剖学研究。结果表明, 茎的次生木质部为散孔材, 导管分子长 741.7~1 025.2 μm , 直径为 152.4~191.9 μm ; 导管频率 60.6~70.2 mm^{-2} 。纤维管胞长 925.2~1 046.3 μm ; 木射线类型为异形 II A 和 II B, 单列射线高 682.1~778.4 μm , 多列射线高度为 1 093~1 208 μm , 多列射线宽 63.6~92.6 μm , 射线频率 9.2~12.8 mm^{-1} 。次生木质部解剖特征随异质生境而表现出一定的可塑性, 其中, 多列射线宽、射线频率、导管分子长度、导管直径等性状的可塑性较大。多重回归分析表明, 水分和温度是影响华中五味子次生木质部解剖特征的主导因子。随着空气相对湿度的增加, 导管分子长度和直径均增大, 射线频率减小。随着降雨量的增加, 纤维长度增加。随着最冷月温度的增加, 导管频率增加, 多列射线宽度减小。随着年较差的增加, 单列射线和多列射线高度均减小。

关键词: 华中五味子; 次生木质部; 生态因子; 生态解剖学

中图分类号: Q944.55 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)02-0161-06

Eco-anatomy of secondary xylem of *Schisandra sphenanthera* in Huangshan Mountain, Anhui, China

SHI Gang-Rong, WANG Xu-Ming, ZHANG Zheng

(Department of Biology, Huaibei Coal Industry Teachers' College, Huaibei 233500, China)

Abstract: An eco-anatomic study on the secondary xylem of *Schisandra sphenanthera*, which grows at an altitude of 420~1 840 m in Huangshan Mountain, Anhui, China, was carried out. The results show that the secondary xylem of *S. sphenanthera* belongs to diffuse porous, vessel element length 741.7~1 025.2 μm , vessel diameter 152.4~191.9 μm , vessel frequency 60.6~70.2 mm^{-2} ; length of tracheid-fibres 925.2~1 046.3 μm ; Wood ray is Krib's heterogeneous II A and II B type, single ray height 682.1~778.4 μm , multiserate ray height 1 093~1 208 μm , multiserate ray width 63.6~92.6 μm , frequency of rays 9.2~12.8 mm^{-1} . The anatomic characters of secondary xylem, such as multiserate ray width, frequency of rays, vessel element length, vessel diameter, etc., have great plasticity in respond to heterogeneous habitats. The result of stepwise multiple regressions indicated that the water and temperature may be the principle factors significantly affect secondary xylem anatomical characteristics of *S. sphenanthera*. With the increase of relative humidity, both length and diameter of vessel element increased, as well as the frequency of rays. With the increase of annual precipitation, length of tracheid-fibres increased. With the increase of average temperature of the coldest month, vessel frequency increased, and multiserate ray width decreased. With the increase of annual temperature range, the height of both single and multiserate rays decreased.

Key words: *Schisandra sphenanthera*; secondary xylem; ecological factors; ecological anatomy

收稿日期: 2005-11-15 修回日期: 2006-09-28

基金项目: 安徽省教育厅自然科学基金(2003kj189)[Supported by Natural Science Foundation of Education Department of Anhui Province (2003kj189)]

作者简介: 史刚荣(1968-), 男, 甘肃陇西人, 硕士, 副教授, 研究方向为植物生态与物种生物学, (E-mail)swsgr@sohu.com。

植物生态解剖学是运用植物形态解剖学的观察和实验方法,对生长在不同生境中的植物或演替系列中的优势种进行研究,探讨其在外形和内部显微结构的动态变化规律及与功能相互变化的科学。植物的茎干作为暴露在环境中的器官之一,易受环境诸因子变化所带来的影响并做出反应。环境因子对茎干的影响主要体现在导管和纤维分子的长度和宽度值、导管和射线的频率以及射线高度和宽度等值的变化上(费松林等,1999;Zimmermann,1978,1982;Baas等,1987;Lindorf,1994,1997)。关于不同地区、不同海拔高度和不同纬度植物次生木质部的比较研究不少(李国旗等,2003;韩丽娟,2001;方精云等,2000;费松林等,1999;Lindorf,1994,1997;邓亮等,1989;Carlquist,1977;Graaff等,1974),但对藤本植物次生木质部的生态解剖研究尚不多见。

华中五味子(*Schisandra sphenanthera* Rehd.

et Wils.)属五味子科(Schisandraceae)五味子属(*Schisandra*),是中药“南五味子”的原植物,地理分布广泛,攀援性强。关于华中五味子的导管分子已有报道(王彦涵等,2003),但主要侧重于不同种间的比较,对其次生木质部的生态解剖尚未见报道。本文以华中五味子为研究对象,对不同生境下茎的次生木质部解剖学特征进行比较,并就其适应生态学意义进行讨论。

1 自然概况

黄山位于118°11'E,30°10'N,最高峰为莲花峰,海拔1864m。主体由花岗岩组成,地貌可分两大区,即中心区为起伏平缓的山顶面区,区内最大坡度70°;中心区外围的广大地区为地形强烈切割区,成为悬崖绝壁、陡坡险峰。由于黄山地形复杂,所以

表1 黄山不同样地的生态条件

Table 1 Climate factors at different locality of Huangshan Mountain

样地 Locality	海拔 Alt (m)	年均温 MAT (°C)	最冷月 均温 ATC (°C)	最热月 均温 ATH (°C)	日较差 DRT (°C)	年较差 ART (°C)	有效温度 ET (°C)	降雨量 AP (mm)	空气相 对湿度 RH (%)
汤口 Tangkou (TK)	420	14.6	2.8	26.6	7.1	23.5	14.2	2 192.0	70
温泉 Wenquan (WQ)	650	13.9	2.6	25.2	7.2	23.2	14.0	2 214.3	71
云谷寺 Yungusi (YG)	890	12.0	0.9	23.2	7.8	23.0	13.5	2 249.9	78
半山寺 Banshansi (BS)	1 340	10.6	0.7	21.3	6.7	21.3	13.1	2 292.0	75
北海 Beihai (BH)	1 610	8.7	-1.2	19.4	6.4	21.4	12.6	2 336.5	75
光明顶 Guangmingding (GM)	1 840	7.8	-3.0	17.6	6.0	20.6	12.3	2 369.3	76

Alt;Altitude; MAT;Mean air temperature; ATC;Average temperature of the coldest month; ATH;Average temperature of the hottest month; DRT;Daily range of temperature; ART;Annual range of temperature; ET;Effective temperature; AP;Annual precipitation; RH;Relative humidity.

气候状况也比较复杂,山下部为亚热带湿润气候,而山上部却表现出温带湿润气候特征。据海拔1840m的光明顶气象台资料,1月份平均气温-3.1°C,7月份平均气温17.7°C,年平均气温7.8°C,极端最低气温-11°C;年平均年降水量为2369.3mm,最多年份高达3366.6mm;无霜期约为205~225d;大于10°C的年积温约在2100~2400°C。在山顶的峰岭,风力极强,最大风速超过40m·s⁻¹。土壤主要为山地黄壤、黄棕壤,海拔1600m以上为酸性棕壤、山地草甸土和小范围的山地沼泽土。地带性植被为常绿阔叶林。

2 材料与方 法

2.1 研究材料

2004年采自于安徽黄山海拔420~1840m的

南坡。在华中五味子的分布区内,选择气象记录完整、群落郁闭度(约50%~70%)和坡度(35°~38°)基本相似的六个样地,各样地的生态条件如表1所示,其中,温度和空气相对湿度引自王向阳(1995)的资料,有效温度参考费松林等(1999)的公式计算,降雨量根据样品采集地气象观测站1998~2002年的资料统计。每个样地选取主干直径在1.5~2.0cm的生长健壮植株5株,在离地面0.8m处截取木材样本。

2.2 材料处理

将采集的木材分为两部分,一部分取靠近形成层的边材部分,用硝酸-铬酸离析液进行组织离析,再用番红染色后制成临时装片。在光镜下观察并测量导管分子长度、导管直径,纤维长度等指标,每项指标测量100组数据。另一部分水煮软化后,用木材切片机切取三切面,切片厚度16~18μm,番红-固绿对染,加拿大树胶封片。在光镜下观察测量导

管频率,射线宽度、射线高度和射线分布频率等指标,每项指标测量 50 组数据。

2.3 统计分析

以导管直径和导管分布频率分别计算相对输导率(The relative conductivity, RC)和脆性指数(vulnerability index, VI),公式分别为: $RC = r^4 FRE$ (Fahn 等, 1986) 和 $VI = VAT/FRE$ (Carlquist,

1977)。其中: r = 导管半径, FRE = 导管频率, VAT = 导管直径。可塑性指数(Plasticity index, PI)参考 Ashton 等(1998)的计算公式: $P = 1 - x/X$, 其中 x 为最小平均值, X 为最大平均值。用逐步筛选法(Stepwise)进行多重回归分析,揭示生态因子与次生木质部解剖性状之间的关系。原始数据用 SPSS for windows 12.0 进行分析。

表 2 不同样地华中五味子茎的次生木质部的解剖特征

Table 2 Anatomical traits of secondary xylem of *S. sphenanthera* at different locality

样地 Locality	导管分子长度 VL(μm)	导管直径 VD (μm)	导管频率 VF (mm^{-2})	相对输导率 RC($\mu\text{m}^4 \times 10^8$)	脆性指数 VI	单孔率 PSP (%)	纤维长 FL (μm)	多列射线高 MRH (μm)	多列射线宽 MRW (μm)	单列射线高 SRH (μm)	射线频率 FR (mm^{-1})
汤口(TK)	741.7 \pm 150.5	152.4 \pm 41.1	70.2 \pm 6.7	1.48	2.17	90.0 \pm 8.3	925.2 \pm 199.9	1093 \pm 318	63.6 \pm 15.2	694.9 \pm 227.0	12.8 \pm 2.3
温泉(WQ)	822.0 \pm 114.3	160.6 \pm 38.8	68.8 \pm 6.3	1.79	2.33	88.2 \pm 8.7	957.6 \pm 184.8	1126 \pm 332	66.5 \pm 13.5	682.1 \pm 207.6	11.4 \pm 2.0
云谷寺(YG)	1025.2 \pm 126.8	183.0 \pm 36.5	66.9 \pm 5.9	2.93	2.74	91.4 \pm 7.9	962.5 \pm 197.0	1115 \pm 298	78.8 \pm 14.6	713.2 \pm 218.5	9.6 \pm 2.1
半山寺(BS)	996.8 \pm 142.6	172.7 \pm 38.0	67.1 \pm 7.1	2.33	2.57	80.7 \pm 8.6	994.1 \pm 204.2	1196 \pm 357	72.1 \pm 13.9	754.5 \pm 236.4	10.0 \pm 2.5
北海(BH)	984.3 \pm 161.1	180.6 \pm 44.3	61.3 \pm 6.6	2.55	2.95	96.4 \pm 8.9	1025.9 \pm 218.6	1174 \pm 302	88.2 \pm 17.4	747.4 \pm 230.1	9.8 \pm 2.3
光明顶(GM)	951.0 \pm 136.6	191.9 \pm 40.7	60.6 \pm 6.5	3.21	3.17	85.5 \pm 7.3	1046.3 \pm 220.5	1208 \pm 338	92.6 \pm 19.5	778.4 \pm 252.6	9.2 \pm 2.8
可塑性指数 PI	0.28	0.21	0.14	0.50	0.31	0.16	0.12	0.10	0.31	0.12	0.28

VL: Vessel element length; VD: Vessel diameter; VF: Vessel frequency; RC: Relative conductivity; VI: Vulnerability index; PSP: Percentage of single porous; FL: Fiber length; MRH: Multiserate ray height; MRW: Multiserate ray width; SRH: Single ray height; FR: Frequency of ray; PI: plasticity index.

表 3 次生木质部特征与环境因子的逐步多重回归分析

Table 3 Stepwise multiple regressions among secondary xylem characteristics and environmental factors

解剖性状 Anatomical characters	生态因子 Ecological factors	回归系数 (B)	决定系数 (R^2)	解剖性状 Anatomical characters	生态因子 Ecological factors	回归系数 (B)	决定系数 (R^2)
导管分子长度 VL	空气相对湿度 RH	34.83**	0.90	相对输导率 RC	海拔 Alt	0.0008*	0.83
导管直径 VD	空气相对湿度 RH	2.66*	0.82	纤维长度 FL	降雨量 AP	0.65***	0.98
	最冷月均温 ATC	-3.55*	0.17	多列射线高 MRH	年较差 ART	-38.06**	0.96
导管频率 VF	最冷月均温 ATC	1.72**	0.94	多列射线宽 MRW	最冷月均温 ATC	-5.06**	0.94
脆性指数 VI	最冷月均温 ATC	-0.21**	0.94	单列射线高 SRH	年较差 ART	-30.10**	0.94
	日较差 DRT	0.20*	0.05	射线频率 FR	空气相对湿度 RH	-0.41**	0.85

B: Partial regression coefficient; R^2 : Determination coefficient; * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

3 观察结果

3.1 次生木质部的结构特征

华中五味子茎的次生木质部属散孔材,生长轮不明显,由导管、纤维管胞、木薄壁组织和木射线构成。导管分子端壁具尾突,倾角较小,单穿孔板,稀为梯状穿孔板;导管分子平均长度 741.7~1 025.2 μm ,平均宽度为 152.4~191.9 μm ;导管排列多为

单管孔,稀管孔团和管孔链,单孔率在 80%~96%;导管频率 60.6~70.2 个/ mm^2 。只有纤维管胞,未见韧形纤维。纤维管胞平均长 925.2~1 046.3 μm ;木射线类型为异形 II A 和异形 II B,单列射线高 682.1~778.4 μm ,多列射线高度为 1 093~1 208 μm ,宽度为 63.6~92.6 μm 。射线频率为 9.2~12.8 mm^{-1} 。不同生境下华中五味子次生木质部的数量特征如表 2 所示。由表 2 可见,华中五味子次生木质部的解剖性状都具有一定的可塑性,其中相

对输导率、脆性指数、多列射线宽、射线频率、导管分子长度、导管直径等性状的可塑性较大。

3.2 次生木质部解剖特征与环境因子的关系

为确定影响木材解剖特征的主导因子及其关系,本研究利用逐步筛选法对数据进行了逐步回归

分析,分析结果如表 3 和图 1 所示。多重回归分析表明,空气相对湿度、温度年较差和最冷月温度对次生木质部结构的影响较为显著,说明这些因子是影响华中五味子次生木质部解剖特征的主导因子。随着空气相对湿度的增加,导管分子长度和直径均有

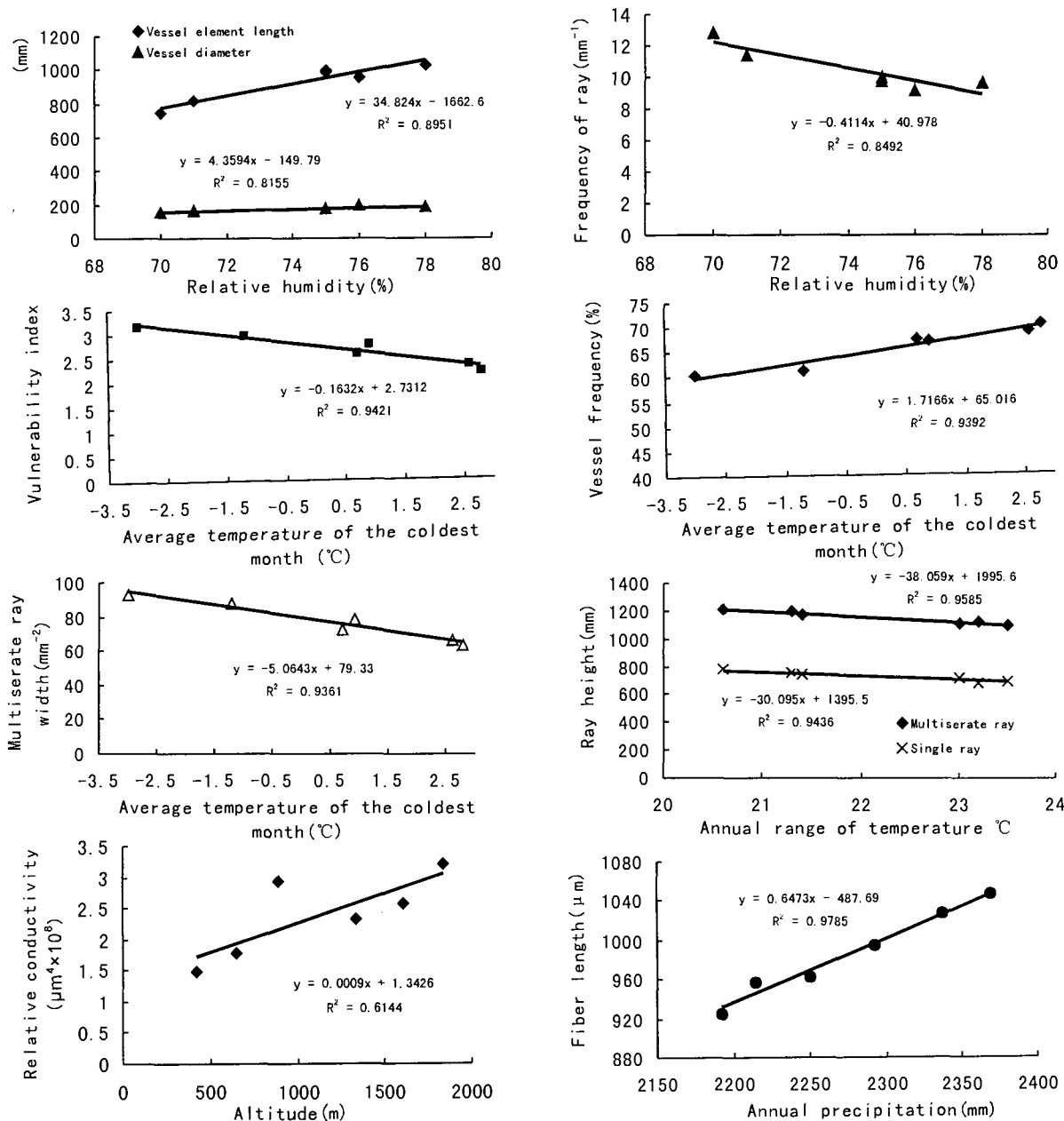


图 1 次生木质部特征与环境因子之间的关系

Fig. 1 The relationship between secondary xylem characteristics and environmental factors

增加趋势,而射线频率却减小。随着最冷月温度的增加,导管频率增加,但导管脆性指数降低,多列射线宽度减小。单列射线和多列射线高度均与年较差呈负相关。此外,纤维长度随降雨量的增大而增长,相对输导率随海拔的升高而增大。单孔率与环境因

子之间的相关性不明显。

4 讨论

研究结果表明,华中五味子次生木质部随生境

的变化表现出一定的可塑性,随着海拔的增高,次生木质部各组成分子有增大趋势,这与 Baas(1973)、Graaff 等(1974)以及 Oever 等(1981)的结论恰好相反,却与邓亮等(1989)的结果一致。其原因是,海拔高度本身并不是真正具生态意义的变量,而仅仅是隐含着生态因子的不同。由于不同地理区域之间在地形地貌、气候条件等方面差异很大,生态因子随海拔高度的变化趋势和梯度均有可能不同,因此,海拔高度与生态因子之间并不常常成线性关系。

多重回归分析表明,水分(包括空气相对湿度和降雨量)和温度(主要包括年较差和最冷月温度)是影响华中五味子次生木质部解剖特征的主导因子。其中,水分与导管分子和纤维管胞的大小密切相关,而温度则与射线高度和宽度关系密切。此外,本文研究结果还表明,影响华中五味子次生木质部解剖结构的限制性因子并不主要是平均要素,而是极端值或相对值,如年较差、最冷月温度、空气相对湿度等。次生木质部结构与水分之间的关系,近年来已引起生态解剖学家的重视。Zimmermann(1983)认为木材是受水分运输(导管分子的大小、频率)和机械支持(壁厚度和纤维长度)两方面的共同影响,其中受导管的影响更大。导管结构与水分运输的有效性和安全性有关。“小型化”导管抗负压,抗栓塞能力更强,有利于输导的安全性(Carlquist, 1988; Zimmermann, 1983)。本文研究结果表明,随着空气相对湿度的增加,导管分子长度和直径均有增加趋势,随着降雨量的增加,纤维长度增加。空气相对湿度影响植物蒸腾速率,且随湿度的增加而蒸腾速率减小。低的蒸腾速率,意味着导管处于低负压水平,此时,宽导管更有利于提高水分运输的效率。

相对传导率和脆性指数是导管大小和导管频率(数目)的综合反映,被认为是评价植物水分输导的有效性和安全性的重要指标(Zimmermann, 1983; Carlquist 1977)。多而窄的导管可保护植物在胁迫环境下免受空穴化的影响,相反,少而宽的导管则更易发生空穴化(Yá μmez-Espinosa 等, 2001)。本文研究表明,随着海拔的增加,相对输导率增加;随着最冷月温度的增加,导管脆性指数降低。由于黄山平均降雨量均在 2 000 m 以上,水分条件良好,因此无论高海拔还是低海拔都不会出现水分胁迫。但由于低海拔的温度较高,蒸腾速率大,导管承受的负压也随之增大。因此,黄山低海拔生长的华中五味子次生木质部抗负压能力增强,但水分输导效率相对

较低。

关于木射线与环境因子之间的关系,迄今尚未形成较为一致的结论。蓝桉(*Eucalyptus globules*)木射线高度随着海拔的升高而减小(王昌命等, 1994),但紫萼丁香(*Syringa ablata* var. *giraldii*)木射线高度随着海拔的升高(降水量增加)而增加(邓亮等, 1989)。鹅掌楸(*Liriodenron chinensis*)木射线随着纬度的增加变矮变窄(韩丽娟等, 2001)。杨树(*Populus deltoide*)木射线随着土壤盐度的增加变低(李国旗等, 2003);亮叶水青冈(*Fagus lucida*)单列射线高度随着温度要素的增加呈上升趋势,随着寒冷指数(负积温)和水分因子(年降水和水分综合指数)的增加呈下降趋势(方精云等, 2000)。

本文研究结果表明,华中五味子的单列射线和多列射线高度均随着年较差的增加而减小,多列射线宽度随着最冷月温度的增加而减小,射线频率随着空气相对湿度的增加而减小。与前人的研究结果相比较,华中五味子木射线随海拔的变化趋势与邓亮等(1989)的结果一致;由于随纬度的增加,年较差增加,因此,本文结果亦支持韩丽娟等(2001)的结论。总体而言,华中五味子木射线随年较差和最冷月温度的增加而表现出“小型化”趋势,这种“小型化”可能是植物次生木质部对变温环境的响应,但其机理尚需进一步研究。

参考文献:

- Ashton PMS, Olander LP, Berlyn GP, et al. 1998. Changes in leaf structure in relation to crown position and tree size of *Betula papyrifera* within fire-origin stands of interior cedar-hemlock [J]. *Can J Bot*, **76**: 1 180—1 187
- Baas P. 1973. The wood anatomy of *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance [J]. *Blumea*, **21**: 193—258
- Baas P, Schweingruber FH. 1987. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe [J]. *IAWA Bull n. s.*, **8**: 245—274
- Carlquist S. 1988. Comparative Wood Anatomy [M]. Berlin: Springer-Verlag, 41—81
- Carlquist S. 1977. Ecological factors in wood evolution: A floristic approach [J]. *Amer J Bot*, **64**(7): 887—896
- Deng L(邓亮), Zhang XY(张新英). 1989. The ecological wood anatomy of the lilac in Taibai Mountain(生长在太白山上的紫萼丁香木材的生态解剖) [J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **31**: 95—102
- Fahn A, Werker E, Baas P. 1986. Wood Anatomy and Identification of Trees and Shrubs from Israel and Adjacent Regions [M]. Israeli Academy of Science, Jerusalem
- Fang JY(方精云), Fei SL(费松林), Fan YJ(樊拥军), et al.

2000. Ecological patterns in anatomic characters of leaves and woods *Fagus lucida* and their climatic control in Mountain Fanjingshan, Guizhou, China(贵州梵净山亮叶水青冈解剖特征的生态格局及主导因子分析)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **42**(6):636—642
- Fei SL(费松林), Fang JY(方精云), Fan YJ(樊拥军), et al. 1999. Anatomical characteristics of leaves and woods *Fagus lucida* and their relationship to ecological factors in Mountain Fanjingshan, Guizhou, China(贵州梵净山亮叶水青冈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**:498—499
- Graaff NA van der, Baas P. 1974. Wood anatomical variation in relation to latitude and altitude[J]. *Blumea*, **22**:101—121
- Han LJ(韩丽娟), Lin YH(林月惠), Wu SM(吴树明). 2001. The effect of latitudes on the structure of secondary xylem in *Liriodendron chinense* Sarg. (不同纬度对鹅掌楸次生木质部结构的影响)[J]. *Chin Bull Bot*(植物学通报), **18**(3):375—377
- Li GQ(李国旗), Zhang JL(张纪林), An SQ(安树青). 2003. The anatomical characteristics of *Populus deltoides* (Lux) under stress of various soil salinities(土壤盐胁迫下杨树次生木质部的解剖特征)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), **39**(4):89—97
- Lindorf H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest[J]. *IAWA J*, **15**:361—376
- Lindorf H. 1997. Wood and leaf anatomy in *Sessea corymbiflora* from an ecological perspective[J]. *IAWA J*, **18**:157—168
- Oever L van den, Baas P, Zandee M. 1981. Comparative wood anatomy of *Symplocos* and latitude and altitude of provenance [J]. *IAWA Bull n. s.*, **2**:3—24
- Wang CM(王昌命), Zhang XY(张新英). 1994. The ecological wood anatomy of the *Eucalyptus globules* Labill. in west hill of Kunming(昆明西山蓝桉木材生态解剖的研究)[J]. *J Southwest Fore Coll*(西南林学院学报), **14**:62—68
- Wang XY(王向阳). 1995. A preliminary analysis of tourium climatic resources in Mountain Huangshan(黄山旅游气候资源的初步分析)[J]. *Res Development Market*(资源开发与市场), **11**(4):189—191
- Wang YH(王彦涵), Gao JP(高建平), Qiao CF(乔春峰), et al. 2003. Comparative anatomical study on the structures of vessel elements in Chinese Schisandraceae(国产五味子科植物导管分子的比较解剖)[J]. *Guihaia*(广西植物), **23**(3):226—230
- Yáñez-Espinosa L, Terrazas T, López-Mata L. 2001. Effects of flooding on wood and bark anatomy of four species in a mangrove forest community[J]. *Trees*, **15**(2):91—97
- Zimmermann MH. 1978. Hydraulic architecture of some diffuse porous trees[J]. *Can J Bot*, **56**:2 286—2 295
- Zimmermann MH. 1982. Functional xylem anatomy of angiosperms[C]//Baas P(ed). *New in Wood Perspectives in Wood Anatomy*. Dordrecht; Nijhoff Junk Publishers:59—70
- Zimmermann MH. 1983. *Xylem Structure and Ascent of Sap* [M]. Berlin; Springer-Verlag:39—62

(上接第 169 页 Continue from page 169)

然结实率仅为 21.5%，因此，蒙古扁桃有花多果少的种子和果实形成格局，这种现象可能与蒙古扁桃生殖成功有关，Holtsford(1985)认为不结实的花具有潜在的生殖功能。Guitian(1993)在对李属植物马哈利酸樱桃 (*P. mahaleb*) 的研究，方海涛等(2004b)在对沙冬青花生物学特性的研究都支持了上述观点。

参考文献：

- Fang HT(方海涛), Li JL(李俊兰). 2004a. Research advance of endangered plant *Prunus mongolica* (珍稀濒危植物蒙古扁桃研究概况)[J]. *Yinshan Acad J*(阴山学刊), **18**(2):85

—86

- Fang HT(方海涛), Wang LY(王黎元). 2004b. A study on flower biology of endangered plant *Ammopiptanthus mongolicus* (珍稀濒危植物沙冬青花生物学研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **24**(5):478—480
- Guitian J. 1993. Why *Prunus mahaleb* (Rosaceae) produce more glowers than fruits[J]. *Amer J Bot*, **80**:1 305—1 309
- Holtsford TP. 1985. Nonfruiting hermaphroditic flowers of *Calochortus leichtlinii* (Liliaceae): Potential reproductive function[J]. *Amer J Bot*, **72**:1 687—1 694
- Sechenbater(斯琴巴特尔), Man L(满良). 2002. Study on seed germination's physiology of *Prunus mongolica* Maxim (蒙古扁桃种子萌发生理研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **22**(6):564—566