

# 米心水青冈和台湾水青冈叶解剖结构比较研究

张雪梅<sup>1,2</sup>

(1. 西华师范大学 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 四川 南充 637009; 2. 西华师范大学 生命科学学院, 四川 南充 637009)

**摘要:**为比较水青冈属两种植物间的叶片形态解剖特征和生态学适应性,采集了米仓山自然保护区 26 个分布地的台湾水青冈和米心水青冈,运用石蜡切片法将其成熟叶片制成切片,光学显微镜下观察叶片的结构特征,并测定叶片横切面的 5 项数量性状指标。结果表明:两种水青冈属植物叶片表型特征较一致,都表现出旱生植物的特征。测量指标的方差分析表明,主脉导管直径、栅栏组织厚度、木质部厚度 3 项指标在两种植物间差异均达到显著水平。台湾水青冈和米心水青冈种内居群间的主脉导管直径、上表皮厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、木质部厚度均有显著性差异,出现显著性差异的原因可能与海拔有关。

**关键词:**水青冈属; 叶解剖结构; 石蜡切片; 方差分析

**中图分类号:**Q948 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)03-0089-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.03.0089

植物的形态解剖性状等对植物的分类鉴定和系统演化的探讨具有重要的意义,目前如对植物叶结构<sup>[1]</sup>,花瓣结构<sup>[2]</sup>,木材结构<sup>[3]</sup>,甚至一些结构的变异或过渡形式与系统学的关系也有了较深入的研究,如穿孔板、管胞-导管的过渡形式<sup>[4]</sup>等。随着计算机技术及显微技术的发展,新的技术与方法不断应用于植物解剖性状及进化的研究,使植物解剖特征用于分类学取得了长足进展。形态与解剖结构特征对于水青冈属植物的分类具有重要的参考价值。不同种的植物不仅在形态上存在差异,在内部结构也有变化,这种变化往往也是分类学鉴定物种的性状和研究植物种间亲缘关系及进化关系的重要依据。目前国内外对水青冈属的研究主要包括:叶脉结构特征、遗传多样性、遗传变异空间格局、木材和叶片解剖学、花粉学等方面<sup>[5-13]</sup>。总的来说,水青冈属植物形态学研究还是很缺乏,而国家二级保护植物台湾水青冈的形态学数据几乎没有报道。

本研究以叶片的形态结构研究为基础,采用石蜡切片法和显微照相方法对米仓山自然保护区的台湾水青冈和米心水青冈进行形态学观测统计和比较研究,探讨水青冈属种间的形态差异及其生态适应性,旨在为水青冈属植物系统学和生态学研究提供基础资料,为水青冈属植物的保护与利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料于 2014 年 7 月采自四川米仓山自然保护区水青冈属的 10 个分布地的台湾水青冈和 16 个分布地的米心水青冈。原植物经形态学鉴定后,凭证标本保存于西华师范大学生命科学学院植物标本室。

### 1.2 方法

台湾水青冈和米心水青冈的新鲜材料采集后,将植株的叶片剪下,用 FAA 固定液固定,带回实验室后取出,洗涤后经过梯度脱水法进行脱水,包埋后,按常规的石蜡法进行切片,然后用 Motic BA300 型光学显微镜观察并摄影。凭证玻片存放在西华师范大学标本馆。

叶解剖结构中,主要测量主脉导管直径,上表皮厚度,栅栏组织厚度,海绵组织厚度,木质部厚度,韧皮纤维厚度等数值,比较物种间的叶解剖结构差别,同时通过 SPSS20.0 软件对种间及居群间的主脉导管直径,上表皮厚度,栅栏组织厚度,海绵组织厚度,木质部厚度,韧皮纤维厚度进行统计分析和 *F* 检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 台湾水青冈和米心水青冈叶解剖结构比较

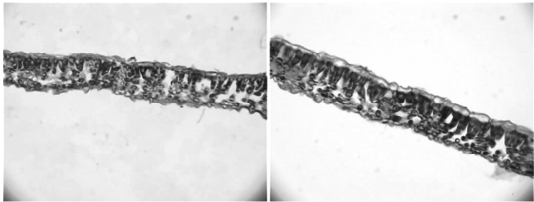
米心水青冈和台湾水青冈的叶片都由表皮、叶肉和叶脉 3 部分组成,都为典型的异面叶(见图 1),为典型的背腹型叶,上表皮细胞较大,多为近方形,1 层(见图 1);下表皮细胞较小,多为近长方

收稿日期:2016-01-20

作者简介:张雪梅(1982-),女,四川省渠县人,博士,讲师,从事植物系统与进化研究。E-mail:30049812@qq.com。

表 1 材料来源  
Table 1 Materials origin

编号 Code	物种 Taxon	海拔/m Altitude	编号 Code	物种 Taxon	海拔/m Altitude
MCS-QTW-02	台湾水青冈	1595	MCS-SZB-ZSB	米心水青冈	1887
MCS-SZB-KMG	台湾水青冈	1660	MCS-SZB-WT	米心水青冈	1775
MCS-SZB-PHSJ-02	台湾水青冈	1640	MCS-SZB-YLSP	米心水青冈	1970
MCS-SZB-WT-01	台湾水青冈	1698	MCS-SZB-MJL-01	米心水青冈	1814
MCS-MGT-07	台湾水青冈	1680	MCS-QTW-05	米心水青冈	1616
MCS-SZB-LLG-04(HBLY)	台湾水青冈	1896	MCS-SYZ-11	米心水青冈	1897
MCS-SZB-LLG-01	台湾水青冈	1780	MCS-BYT-12	米心水青冈	1650
MCS-SZB-BJY	台湾水青冈	1787	MCS-QTW-04	米心水青冈	1698
MCS-JCB-01	台湾水青冈	1789	MCS-QTW-03	米心水青冈	1606
MCS-SZB-MJL-02	台湾水青冈	1775	MCS-JCB-03	米心水青冈	1798
MCS-SZB-DBL	米心水青冈	2004	MCS-JCB-02	米心水青冈	1764
MCS-SZB-GPD	米心水青冈	1855	MCS-SZB-FSL	米心水青冈	1782
MCS-SZB-PHSJ-01	米心水青冈	1776	MCS-JCB-01	米心水青冈	1789

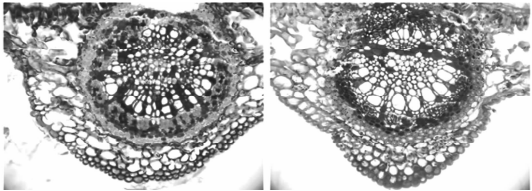


台湾水青冈                      米心水青冈

图 1 米心水青冈和台湾水青冈叶片横切结构图(40 倍)  
Fig.1 Leaf anatomical characteristics of *Fagus engleriana* and *Fagus hayatae*(40×)

形或不规则形,1 层(见图 1)。叶肉组织发达,分化为栅栏组织和海绵组织,栅栏组织由 1 层排列整齐的柱状细胞构成,厚度见表 2,含丰富的叶绿体。海绵组织细胞排列疏松,也含有较多的叶绿体,厚度见表 2。两种植物均是叶脉主脉发达,侧脉细小,主脉中心为大型的薄壁

细胞和染色较深的异细胞组成的髓部,米心水青冈和台湾水青冈的维管束类型都是周韧维管束(见图 2)。米心水青冈和台湾水青冈种间在主脉导管直径、上表皮厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、木质部厚度等方面的差异显著性分析见表 2。



米心水青冈                      台湾水青冈

图 2 米心水青冈和台湾水青冈叶片主脉横切结构图(40×)  
Fig.2 Main vein characteristics of *Fagus engleriana* and *Fagus hayatae*(40×)

表 2 台湾水青冈和米心水青冈叶片解剖结构特征显著性差异分析

Table 2 Significant difference analysis of five characters in *Fagus engleriana* and *Fagus hayatae*

物种 Species	主脉导管直径 Vessel diameter of main vein	上表皮厚度 Thickness of upper epidermis	栅栏组织厚度 Thickness of palisade tissue	海绵组织厚度 Thickness of spongy tissue	木质部厚度 Thickness of xylem
台湾水青冈	18.42±5.13 a	6.34±2.26 a	21.34±3.94 a	34.28±14.28 a	49.07±13.21 a
米心水青冈	16.12±6.91 b	6.24±2.85 a	19.85±16.03 b	29.38±75.78 a	45.30±10.84 a
F	39.82	0.40	4.01	1.96	30.20
Sig	0	0.52	0.04	0.16	0

不同小写字母表示 0.05 显著水平,数据为平均值±标准误(n=6)。  
Different lowercases mean significant difference at 0.05 level, Data mean average±standard error (n=6).

2.2 台湾水青冈居群内部叶解剖结构比较

台湾水青冈种内居群间的主脉导管直径、上表皮厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、木质部厚度均有显著性差异( $P<0.05$ ),各居群的平均

值及差异显著性分析结果见表 3。

2.3 米心水青冈居群内部叶解剖结构比较

米心水青冈种内居群间的主脉导管直径、上表皮厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、木质部

厚度均有显著性差异( $P<0.05$ ),各居群的平均值及差异显著性分析结果见表4。

表3 台湾水青冈种内居群间叶片解剖结构特征显著性差异分析

Table 3 Significant difference analysis of populations in *Fagus hayatae*

分布地 Location	主脉导管直径 Vessel diameter of main vein	上表皮厚度 Thickness of upper epidermis	栅栏组织厚度 Thickness of palisade tissue	海绵组织厚度 Thickness of spongy tissue	木质部厚度 Thickness of xylem
MCS-QTW-02	32.02±4.03 f	33.55±7.31 bc	21.98±3.29 cd	3.28±0.67 a	5.07±1.50 e
MCS-SZB-KMG	43.54±6.50 d	32.39±6.58 bc	20.16±2.83 ef	3.25±0.79 a	7.63±2.00 b
MCS-SZB-PHSJ-02	64.85±12.61 a	49.69±7.06 a	24.58±2.27 a	2.81±4.32 a	8.71±2.44 a
MCS-SZB-WT-01	62.88±7.93 a	32.59±6.05 bc	20.81±4.48 cde	2.53±0.73 ab	5.33±1.65 de
MCS-MGT-07	40.98±6.40 d	27.82±5.58 c	18.36±3.81 g	1.25±0.47 c	5.34±1.75 de
MCS-SZB-LLG-04(HBLY)	54.63±5.37 c	28.17±4.26 c	20.61±3.40 de	1.76±0.65 bc	6.14±2.13 cd
MCS-SZB-LLG-01	43.31±4.44 d	28.23±4.78 c	22.34±3.71 bc	1.84±0.59 bc	5.24±1.63 e
MCS-SZB-BJY	55.90±9.14 c	47.10±4.08 a	21.97±3.23 cd	1.85±0.75 bc	6.59±2.14 c
MCS-JCB-01	59.40±5.70 b	31.77±6.16 bc	19.02±3.81 fg	1.22±0.47 c	6.49±2.23 c
MCS-SZB-MJL-02	35.69±6.64 e	34.01±35.25 b	23.58±3.80 ab	3.10±1.14 a	6.81±2.13 c
F	126.58	17.32	14.64	6.82	17.20
Sig	0	0	0	0	0

表4 米心水青冈种内居群间叶片解剖结构特征显著性差异分析

Table 4 Significant difference analysis of populations in *Fagus engleriana*

居群 Populations	主脉导管直径 Vessel diameter of main vein	上表皮厚度 Thickness of upper epidermis	栅栏组织厚度 Thickness of palisade tissue	海绵组织厚度 Thickness of spongy tissue	木质部厚度 Thickness of xylem
MCS-SZB-DBL	20.78±21.37 a	5.09±1.73 fg	16.65±5.74 c	21.66±7.68 b	45.00±5.52 bc
MCS-SZB-GPD	9.25±2.40 f	7.41±2.16 b	23.47±3.64 abc	23.06±3.24 b	30.21±3.45 g
MCS-SZB-PHSJ-01	16.42±3.11 cde	5.28±2.67 ef	19.01±2.43 c	28.72±5.16 b	49.82±4.43 b
MCS-SZB-ZSB	18.16±3.06 abc	6.20±2.75 cde	21.21±2.69 bc	27.46±6.88 b	47.70±7.29 bc
MCS-SZB-WT	9.91±2.08 f	7.16±2.74 bc	15.97±3.09 c	23.98±4.85 b	26.91±3.99 h
MCS-SZB-YLSP	14.07±3.68 e	3.92±0.76 h	20.07±2.45 bc	21.54±2.94 b	37.66±4.50 f
MCS-SZB-MJL-01	17.38±3.65 bcd	6.41±2.19 bcd	20.57±4.35 bc	31.90±13.10 b	54.11±5.92 ab
MCS-QTW-05	15.19±2.83 de	5.22±2.57 ef	30.03±61.06 a	72.72±2.95 a	47.23±5.72 bc
MCS-SYZ-11	15.36±2.45 cde	7.53±2.85 b	18.82±2.20 bc	28.43±5.61 b	42.47±4.98 cd
MCS-BYT-12	16.12±3.02 cde	5.09±1.85 fg	15.92±2.91 c	24.56±5.00 b	47.07±4.95 bc
MCS-QTW-04	13.60±2.93 e	11.39±3.39 a	18.93±4.42 bc	45.83±6.34 ab	39.78±6.37 ef
MCS-QTW-03	16.00±2.61 cde	4.16±1.51 gh	17.29±3.33 bc	19.91±4.86 b	41.09±5.51 de
MCS-JCB-03	20.13±6.03 ab	5.72±2.13 def	17.31±3.55 c	17.69±4.14 b	68.49±7.46 a
MCS-JCB-02	17.35±2.65 bcd	6.64±1.84 bcd	25.75±2.41 ab	23.22±4.01 b	49.81±9.33 b
MCS-SZB-FSL	17.69±2.93 bcd	5.96±2.24 def	17.65±3.41 c	26.78±7.31 b	43.60±5.58 bc
MCS-JCB-01	19.50±3.40 ab	6.45±2.38 bcd	17.76±3.97 c	29.59±8.77 b	51.66±4.97 ab
F	12.51	27.24	2.85	1.52	128.78
Sig	0	0	0	0.08	0

3 结论与讨论

3.1 米心水青冈和台湾水青冈的叶片解剖结构特点及生态学适应性

生长于不同生态环境中的植物,常表现出不同的形态结构,这通常被认为是植物对特殊生境

的演化适应<sup>[14]</sup>。同时,这种演化适应的特征较多反映在叶的结构上<sup>[15]</sup>。叶是进行光合作用和蒸腾作用的主要器官,具有较大的表面积,与周围环境的接触十分紧密。植物对环境的反映也就较多地反映在叶的形态结构上,因此叶的结构对生态条件变化的反映最为敏感<sup>[16]</sup>。从两种植物叶的

横切面上可以看出叶均为典型的异面叶,栅栏组织细胞为1~2层,叶的结构表现出旱生结构的特点,如上表皮较厚的角质膜,叶片主脉中存在异细胞并与大型薄壁细胞共同组成髓部<sup>[17]</sup>,以及发达的机械组织<sup>[18]</sup>。较厚的角质膜一方面可以防止热带、亚热带地区高温下叶片内水分的过度散失,以维持叶的正常生理需要,另一方面,可以防止热带、亚热带地区强烈的日照对叶内部细胞的灼伤,以保证光合作用的正常进行。而异细胞由于具有较高的渗透势<sup>[19]</sup>,并且具有较强的吸水能力,从而在外界环境水分状况较好、导管中水分输导良好时,它们吸收并保存水分;在外界环境干旱,导管中水分输导受阻,体内各部分所需水分不能得到正常供给时这些异细胞则又可为其它的细胞提供暂时的水分;至少可以为其周边细胞提供一个较为湿润的小环境,从而起到了提高抗旱性的作用。在两种植物叶片的横切面上可以看见有大量的木质部外纤维的存在。它们主要分布在中脉的周围而呈现为间断分布的环状结构(见图2)。叶片内发达的木质部外纤维支持着叶片,使其在缺水情况下仍然不会萎缩变形,因而保证了叶肉细胞不因叶的失水萎缩变形而受到伤害<sup>[1]</sup>。

### 3.2 米心水青冈和台湾水青冈的叶片解剖结构特征与环境因子的关系

台湾水青冈叶解剖结构指标总体上均大于米心水青冈。出现显著性差异的原因可能与海拔有关。本研究所采集到的米心水青冈的分布为海拔1 606~2 004 m,台湾水青冈的分布为海拔1 595~1 896 m。通过观察和分析比较发现:随着海拔高度由低到高的变化,植物叶片的内部结构也发生了相应的变化,并且呈现一定的规律性。在高海拔地区,植物生存的环境中的土壤含水量低于低海拔地区。植物为了自身生存,就要适应缺水环境,随着海拔升高,叶片增厚。叶肉组织中,栅栏组织厚度不断增大。栅栏细胞层数和密度增加,防止了水分蒸腾散失,又防御强辐射对叶片的灼伤。高海拔地区低温冻土,细胞原生质透水性降低,栅栏组织厚度相对增加提高了光合效率及植物对水分的利用率<sup>[20]</sup>。并且随着海拔高度由低到高的变化,环境中各种生态因子诸如氧分压,空气湿度,土壤温度及水分状况,太阳光及紫外线辐射强度,大气温度等均发生了变化,变化着的环境因子长期作用于植物必然会导致植物的结构叶发生改变。生长在高海拔的台湾水青冈和米心水青冈,其栅栏组织和海绵组织厚度的比值

高,表明植物的叶片已经形成了防止水分过多散失的适应性结构特征。

### 参考文献:

- [1] 唐为萍,陈树思.沉香叶解剖结构的研究[J].广西植物,2005,25(3):229-232.
- [2] Christen K I,Hansen H V. SEM-studies of epidermal patterns of petals in the angiosperms[J]. Opera Botanica.,1998,135:1-91.
- [3] Carlquist S. Comparative wood anatomy, Znded [M]. Springer Verlag,Berlin: Germany,2001.
- [4] Carlquist S,Sehneider E L. The tracheid-esselelement transition in angiosperm involves multi pleinde Pendenif features: eladistieeon sequeenees [J]. Ameriean Journal of Botany,2002,89(2):185-195.
- [5] 曹小燕,曹明,邓敏.中国水青冈属(壳斗科)叶结构及分类学意义[J].植物分类与资源学报,2014,36(1):1-6.
- [6] 周则刚,方炎明.米心水青冈遗传多样性研究[J].西南林业大学学报,2012,32(4):1-6.
- [7] Muller-Stark G. Genetic differences between "tolerant" and "sensitive" beeches in environmentally stressed adult forest stand[J]. Silvae Genet,1985,34:241-247.
- [8] Doris K,Ralf P. Genetic diversity and bark physiology of the European beech(*Fagus sylvatica*): a co-evolutionary relationship with the beech scale [J]. Tree Physiology,2000,20: 485-491.
- [9] Tomura N,Takhashi M,Tsumura Y,et al. Intraspecific variation and phylogeographic patterns of *Fagus crenata* mitochondrial DNA [J]. American Journal of Botany,1998,85(5):629.
- [10] 李腾飞,李俊清.中国水青冈起源、分布、更新以及遗传多样性[J].中国农学通报,2008,24(10):185-191.
- [11] 方精云,费松林,赵坤,等.浙江省水青冈属植物的解剖特征及其分类学意义[J].北京大学学报:自然科学版,2000,36(4):509-516.
- [12] 王伏雄,钱南芬.中国植物花粉形态[M].3版.北京:科学出版社,1995.
- [13] 王萍莉,浦发鼎.壳斗科植物花粉形态及生物地理[M].广州:广东科技出版社,2004.
- [14] 伊稍 K.种子植物解剖学[M].2版.李正理,译.上海:上海科学技术出版社,1982:245-249.
- [15] 卡特 EG.植物解剖学试验和解说(下册)[M].李正理,译.北京:科学技术出版社,1976:192-196.
- [16] 王怡.三种抗旱植物叶片解剖结构的对比观察[J].四川林业科技,2003,24(1):64-67.
- [17] 周智彬,李培军.我国旱生植物的形态解剖学研究[J].干旱区研究,2002,19(1):35-40.
- [18] 刘穆.种子植物形态解剖学导论[M].北京:科学出版社,2001:238.
- [19] Metcalfe CR,Chalk L. Anatomy of the dicotyledons (Vol. II) [M]. 2nd ed. London: Clarendon Press,Oxford,1983:64-65.
- [20] 燕玲,李红,贺晓,等.阿拉善地区9种珍稀濒危植物营养器官生态解剖观察[J].内蒙古农业大学学报,2000,21(3):65-71.