



竹类解剖特性研究现状及展望

杨淑敏 江泽慧 任海青

■ 中国林业科学研究院木材工业研究所 北京 100091

摘要: 概述了竹类资源天然分布及其利用状况,从竹类的秆部,叶片、花、果实、地下茎和根的组织结构入手,综述了竹类解剖特性研究的历史和进展,并提出了今后的研究和发展趋势,旨在为竹类解剖学和其它学科的深入研究提供理论参考。

关键词: 竹类;解剖特性;微观及超微;特性;展望

Present Status and Advances in Anatomical Characteristics of Bamboo

Yang Shumin; Jiang Zehui; Ren Haiqing

Abstract: This paper summarizes distribution and utilization of bamboo resources, reviews the history and present status of bamboo research in respect of culm, node, leave, pollen, fruits, rhizome, the subterranean axis and root; and discusses prospects and potential for reasonable development of bamboo. With the purpose of providing theoretical reference for further study on bamboo anatomy and relative subjects.

Key Words: bamboo; anatomical characteristics; microstructure and ultrastructure; advances

竹子属单子叶植物禾本科竹亚科,全世界约有竹类植物 70 余属 1 300 多种,竹林面积 2 500 hm^2 , 年产竹材约 2 000 多万 t。主要分布于热带和亚热带区域,少数属和种延至温带和寒带。中国素有“竹子王国”之称,约有 39 属 500 余种,竹林面积约 500 万 hm^2 , 占世界竹林总面积的 20% 以上,主要分布于长江以南。竹子是世界森林资源的重要组成部分,随着世界各国对木材需求量的不断增加,全球林木蓄积量与日锐减,为此竹材作为木材的替代品越来越受到重视。竹材生长快,产量高,伐期短以及自身的纤维特性,在当地广泛用于建筑,竹编工艺和造纸原料。中国是世界上竹材利用最早的国家,从商代的鸳鸯到汉代的竹宫,近代的造纸无不体现了竹子在人们生活中的重要性。自 20 世纪 80 年代以来,随着竹材工业化利用的广泛开展,竹材大幅度增值,尤其是竹材作为一种工程结构材料和装饰材料使竹材的应用有了更广阔的前景。

早期世界各产竹国对本国的主要经济竹种的特性进行了研究,如分布、繁殖、造林、丰产结构和培育等,比如中国对竹类植物开花结实的习性进行了细致的观察和研究,利用毛竹种子育苗造林以及杂交育种方面都取得了好成绩,并且开始尝试使用竹材

作为各种用途的防护林,风景观赏林等。在近半个世纪间,竹子利用促进了国内外学者对竹材结构,物理力学,化学特性,竹类资源的培育及其开发利用的深入研究。

竹材解剖构造的研究早在 20 世纪 30 年代就开始了。比如 20 世纪 30 年代的竹内叔雄、Welasquez; 40 年代的宇野昌一; 50 年代的 Ghosh 和 Negi, Samapudhhi 及 60 年代以后的 Metcalfe、李正理和靳紫宸、McClure 等人对竹子解剖构造进行了研究,取得了不少成果。当电子显微镜广泛应用以后,使竹类结构植物学研究的深度和广度进入新的阶段。德国 Liese 和 Grosser 及中国的温太辉、李正理和等先后研究过竹子维管束的结构,并依据其特征作了相应的归类。随着研究的深入,细胞壁的超微结构以及定量研究逐渐增加。这些研究对于更好地利用竹材,及从事竹材学研究和竹材加工利用有着极为重要的意义。

1 竹材的解剖结构

竹秆是人类利用的主要部位,竹材结构和其加工利用息息相关。竹材的解剖性质及特征的研究还不像木材那样系统。竹材的解剖特征与木材相比差



别较大。竹材由节和节间组成,节间细胞都是轴向细胞,没有木材中的横向射线细胞。竹种类繁多,基本组织构造大体相同,但不同部位细胞大小、形状、维管束密度、纤维含量各不相同^[1,8]。

1.1 表皮层,皮层,皮下层

表皮层是竹秆壁最外面的一层细胞, Ghosh、Negi、Pattanath、Rao 和腰希申等都对竹的表皮研究发现,表皮由长形细胞、硅质细胞、栓质细胞和气孔器组成。随竹种不同,表皮细胞的形状、大小、分布、壁厚及纹孔等均有差异,可作为分类的依据^[9,10]。

皮下层指表皮层下面,具有2-3层细胞体积较小的细胞,并不是所有竹种都有。皮下层细胞壁为多层结构。皮层组织位于表皮组织与维管束之间,细胞层数因竹种不同而异,在竹秆横切面上,皮层细胞为圆形至椭圆形,直径稍大于表皮细胞,细胞壁明显地比表皮和皮下层细胞壁薄。

1.2 基本薄壁组织

基本组织位于皮层与髓环之间,在茎中占52%,维管束埋藏在其中。Paraweswaren^[11]发现竹子基本组织由两种薄壁细胞组成:垂直的长形细胞和分散在其中的短细胞。长细胞的胞壁较厚,在竹秆成熟过程中逐渐死亡,并木质化;短细胞则长期保持生活状态,直至竹秆死亡。基本薄壁组织短形细胞的长度平均只有22.7 μm,只有较薄的初生壁,细胞数量较少,常散生于长形细胞之间;长形细胞平均长度为114.0 μm,并具较厚的次生壁。薄壁细胞多呈枕形和腰鼓形,杆状较少。秆壁的不同部位其细胞直径差异很大,一般靠近皮层处细胞直径仅几个微米,但越靠近竹腔其直径越大,在竹腔附近的直径可达最大。在竹秆不同部位和不同竹种间长形细胞的长度差别不大。

薄壁细胞超微结构为多层结构 Paraweswaren^[12],可以分为8-9个亚层,细胞次生壁也是由宽窄相间的薄层交替排列而成,薄壁细胞初生壁上的微纤维为不规则的网状交叉排列,细胞壁上宽层微纤维走向与轴向夹角40°~50°,为S或Z型螺旋,窄层上微纤维与轴向夹角80°~90°,为S型螺旋。毛竹薄壁细胞内壁有一瘤层结构,即WL层,瘤状物分布很广^[13,14]。

1.3 维管束的构造

1.3.1 分类 竹秆内部维管束的特征对于竹子的分类有重要意义。20世纪30年代,日本学者竹内叔雄、宇野昌一开始研究竹类植物维管束解剖结构。中国学者从20世纪30年代开始进行竹材解剖构造的研

究,并在80年代得以继续和深入。到目前为止,竹子分类工作有了较大的进展,对种的生态习性和生物学特性都进行了系统的研究。竹秆的外部是几层表皮层细胞,覆盖着蜡层,内部是无数的薄壁细胞和维管束。李正理等^[3]根据主秆横切面上,自外向内维管束的大小和形态的变化,将12种竹秆中的维管束划分为刚竹型和方竹型等9种类型。并且把中心维管束一侧增生纤维股的现象作为划分丛生竹和散生竹的依据,但由于划分过于复杂,未得到广泛应用。腰希申等^[15]采用独特的炭化制样方法,对中国33属71种竹材的微观和超微结构及其组织比量等进行了深入系统的研究,同时还对微管束的类型及其它解剖特征进行归纳分类,列出分属特征检索表,对竹种的分类、鉴别提供了科学的依据。朱惠方^[16]依据维管束的结构将划分为断腰型,紧腰型,开放型和半开放型。德国的Grosser和Liese^[17]研究了亚洲14竹属52种根据竹材横断面维管束的形态,大小,排列等特征,提出竹的维管束可分为双断腰型,断腰型,紧腰型和开放型,成为竹子维管束比较解剖学的经典之作。中国近年来,林万涛,温太辉,江心和方伟等^[1,2,18,22]对中国竹类的维管束解剖形态进行了研究,温太辉^[19,20]研究了28个属100个种5变种竹秆维管束解剖形态。将维管束分为双断腰型、断腰型、紧腰型、开放型、半开放型,前三者存在于丛生竹中,后两者为散生竹所具有。Liese等^[23,24]又将竹秆的维管束分为6类11型,除包括以前的5种类型外,又划分出两种攀缘竹种所特有的维管束类型。前人这些研究成果显示维管束解剖形态特征对属以上分类单位的系统学研究有一定的意义。

1.3.2 维管束分布及大小 在竹秆的横切面上,秆壁维管束形态及大小由外向内呈现出规律的变化,在近表层处,通常有1~2层未分化的维管束,其输导组织的面积极小,厚壁纤维细胞构成的束状组织排列十分紧密,形成竹秆坚韧的外壁。向内为1~3层半分化的维管束,输导组织出现而且纤维组织的比例变小,排列比较紧密,典型的维管束类型通常位于秆壁的中部,10~20列以上,输导组织细胞的直径达到最大,纤维细胞数量相对减至最少。20世纪后期和末期,中外学者对许多种类的竹秆结构作了进一步研究,对竹秆维管束的形态、大小等亦作了许多定量的观测,并进行了比较及分类的研究。维管束的形状大小和式样在全秆内表现出明显的纵向变异,维管束的数目和大小都是从秆基到顶端不断地减小,



由外向内逐渐减小^[1,2,21,22,25]。

丛生竹和散生竹之间在秆部构造上的差异很显著,维管束构造,薄壁组织细胞和维管束在断面上的分布有很大的不同,可作为竹材分类系统的依据之一^[1,2]。丛生竹、散生竹和混生竹3类中,丛生竹维管束的长度、宽度和长宽比为最大,散生竹最小,混生竹居中;不同部位,维管束密度由下向上呈渐增趋势,而维管束大小呈变小趋势;竹壁由外侧向内侧维管束密度呈渐减趋势,竹壁中层的维管束最长,内部次之,外部最小。

1.4 纤维形态

1.4.1 纤维数量化指标 竹类植物的纤维特征影响着茎秆的强度等物理学特性,也极大地影响着竹子制浆造纸中纸浆的质量。有资料证明,近百年来纤维的数量化指标及纤维形态与各种影响因素的关系都作了不同程度的研究^[5,16,26,45]。

竹材的纤维长度较针叶材短,较阔叶材长,多在15~20 mm之间。竹类的纤维长度因竹种、竹龄,竹秆的不同部位存在极显著差异^[28,32,45,42,43]。纤维长度与纤维的直径、细胞壁的厚度密切相关。竹壁中部和竹秆中部的纤维较长,围绕维管束纤维鞘的外侧较内侧有更长的纤维,靠近后生木质部和韧皮部的纤维最短小。通常,较短、较小的纤维出现在秆壁的外层,而向里则逐渐增加,至秆壁的1/3处最大,继而向内逐渐减小。

纤维宽度为15~18 μm,在竹壁中部的径向变异较大,两侧较小,腔径也有类似变化。纤维宽度在秆轴部位的变异与纤维长度的变异不同,在根际附近最大,由此向稍端递减;在秆壁半径,随内、中、外部位不同,以中部最大,内部次之,而外部最小。一般认为宽度在种间变异极显著。

同一节间纤维长度沿轴向而变化,最短的纤维总是出现在节的附近,最长的则在节间的中部。而沿秆的不同节间以基部到梢部,纤维长度减小的趋势较小。节间的平均纤维长度与节间的长度相关,因此在茎秆的中部存在最长的节间,也就有较长的纤维。

竹材纤维的长宽比较针叶材和阔叶材都大,可达70:1~150:1。一般认为,纤维的长宽比因竹种、竹秆的不同部位存在极显著差异。长宽比的轴向变异与长度相似,中部和下部大于上部,或由上到下渐减,或中部最长,上部次之,下部最短。也有研究认为,长宽比在轴向或径向无变异规律,不同地理种

源的竹种,纤维宽和长宽比变化较大。长宽比大的竹材,适于作优质造纸原料^[16,34]。

Grosser等^[17]研究表明,竹秆内约52%为薄壁组织,40%为纤维组织,8%为输导组织。一般纤维组织比量大,则纤维得率和纸的质量就高。纤维组织比量在种间存在极显著差异。组织比量轴向变异为梢部最大,中部次之,基部最小;径向变异为外部较大,中部和内部较小^[15,46]。组织比量与年龄无显著相关,与胸径有一定相关。

纤维壁腔比随秆的高度增加而增大,竹壁外侧较大。并且受竹龄影响较大^[40]。制浆时,此比值对纤维的质量影响较大。不同竹秆部位壁腔比差异不显著,轴向变异为梢部比值最大,中部次之,基部最小;径向变异为外部较大,内部较小。壁腔比种间差异显著,腔径以竹秆基部最大,梢部最小;壁厚则以中部最宽,内侧次之,外侧最小。许斌等对处于生长过程中纤维壁厚的变化进行了研究指出相应部位纤维壁厚随竹龄的增加呈对数形式增长,低龄竹的壁厚增长速度较快,至7龄时增长较慢。

另外,马灵飞^[36,37]和程隆棣^[47]对散生竹和丛生竹的纤维形态对比研究表明,丛生竹材的纤维长度较散生竹材的长,其宽度比散生竹材的大。从纤维形态来看,丛生竹材作为纤维原料较散生竹材为优。

1.4.2 纤维细胞壁微观和超微构造 纤维为长形细胞,两端逐渐变细,有时为分叉状,其腔径较小,胞壁较厚,壁上有明显的节状加厚;以维管束鞘或分离的纤维束的形式存在于茎中。竹纤维纵向表面具有光滑、均一的特征,呈多条较浅的沟槽,横截面接近圆形,边沿具有不规则锯齿形。竹纤维主要存在厚壁与薄壁两种细胞壁状态,薄壁纤维细胞壁为多层复合结构,层次少的4~5层,多的达11层之多,由宽层与窄层交替组合而成。一般的细胞壁层数较多的纤维存在于维管束的外围,与薄壁组织或输导组织靠近,约占纤维总数的1/2左右。对于多层结构的纤维,宽层和窄层各具有不同的微纤维走向:薄层微纤维为近横向的螺旋形排列,厚层微纤维为近轴向的螺旋形排列,与纤维轴约成20°~30°角,这个角度随纤维壁层位的深入有逐渐变小的趋势。Parameswara^[48]报道微纤丝角随层位的深入而增加,薄层微纤丝角近于水平。而Wai^[49]的研究中发现,3年生刺竹的纤维细胞为薄厚层交替结构,薄层微纤丝与纤维轴方向间的夹角为20°~30°,厚层微纤丝方向近于纤维轴一致,纤丝角为3°~10°。多层结构纤



维数量随部位甚至每个维管束中的不同部分有所不同。秆壁基部多层纤维约占纤维总数的1/3, 中央及梢端多层纤维, 约占1/5; 沿秆壁径向靠近表皮侧维管束中, 多层纤维为数很少, 中部及内侧维管束中多层纤维较多。Murphy^[50]研究刚竹时发现, 在临近维管束分子或纤维鞘边缘基本组织的纤维, 其胞壁层次最多。房贵干^[13]发现毛竹纤维中多层纤维约占纤维总数的1/4或更多。厚壁竹纤维为典型的3层结构, 胞腔狭小, 纤维次生壁内层由两个宽层组成, 且中部的宽层较内部宽层宽得多。这种纤维较多层结构类型木化程度较低, 它们多存在于维管束组织的纤维群体中部。竹纤维纹孔为具缘纹孔, 纹孔较小, 数量小。纹孔断面形状多呈锥形, 在纤维外壁一侧孔口较大, 靠近细胞腔一侧孔口变小。初生壁(P)微细纤维, 呈网状不规则结构排列, 微纤丝方向对于纤维轴向(长度方向)近乎于横向绕缠。在次生壁外层则以近乎垂直于纤维轴的方向缠绕在纤维壁上, 这层结构非常薄。次生壁的内层是纤维壁的主要部分, 占整个壁层厚度的90%以上。

另外, 对于纤维次生壁的形成过程也有部分报道。贺新强等^[51]利用透射电镜观察毛竹茎纤维发育时次生壁的形成过程表明: 纤维发育早期, 细胞具有较大的细胞核和核仁; 细胞质浓稠, 具有核糖体、线粒体和高尔基体等细胞器; 随着纤维次生壁的形成, 细胞壁加厚, 细胞质变得稀薄, 内质网和高尔基体的数量明显增加, 并且两者共同参与了运输小泡的形成; 在质膜内侧可观察到大量周质微管分布。随着次生壁的进一步加厚及木质化, 细胞壁形成宽窄相间排列的多层结构。竹材纤维与木材相似, 也有结晶区和无定形区, 通常随结晶度的增加, 纤维束的抗张强度、弹性模量、硬度、密度及尺寸稳定性也随之增加, 而保水值、伸长率、染料吸着度、润胀度、柔软性及化学反应则随之减小。Suzuki^[52]等利用快速冷冻蚀刻电子显微镜技术研究了罗汉竹不同发育阶段的结构特征, 第一次报道了木质化和未木质化竹材细胞壁的空间结构。主要结论有: 未木质化纤维的初生壁在微纤丝间有窄的空间, 但是薄壁细胞中没有; 未木质化的次生壁主要由密集的具裂缝状的孔隙的微纤丝构成, 然而此类孔隙在木质化的次生壁中难以观察到, 而脱木素后的纤维次生壁显示出与初生壁类似的孔隙, 在未木质化的纤维的次生壁中的孔隙在木质化后降低很多或消失, 这表明未木质化的纤维次生壁的木质素的沉积是在微纤丝

的孔隙之间进行的。另外, 竹材的初生和次生纤维细胞壁中孔隙的大小比按树和松树中的小得多。作者推测竹材纤维微纤丝间窄的空间可能是竹材比木材沉积木质素较少的的原因之一。

1.5 竹节的结构

有关竹节的组成和解剖构造的详细情况还很少有人研究, 切片困难及解剖构造的复杂性也许是这方面工作少的主要原因。

由于节间维管束被基本组织隔开而相互分离, 水分和养分横向转运主要依赖节部, 因此竹节对竹子的物质运输有着特殊的意义。有关竹子节部的结构, 熊文愈^[53]对毛竹的节部维管束做了初步研究, 发现节间维管束通过竹节时都有不同程度的弯曲, 有的进入捧鞘, 有的进入节隔并曲折盘绕。节部的维管束还可进行多次分枝, 形成网状结构。丁雨龙与 Liese^[54]对6种散生竹和丛生竹节的解剖构造进行了观察, 并将节部的构造与节间的构造进行比较。在节部, 维管束大量分叉, 形成复杂的网络系统。象竹秆节间中那样的典型的维管束结构消失了。维管束的侧鞘通常发育很差或不发育; 丛生竹维管束两极的分离纤维束不复存在。原生木质部的侵填体发生在散生竹和丛生竹中。后生木质部已不再有两个大型的导管组成而由大量的大小不等的导管组成。为了适应水分及养分的横向转运, 原生木质部的导管常具分叉, 后生木质部的导管则具多个穿孔; 初皮部筛管分子的侧壁上分布了大量筛域, 在韧皮部分叉处, 大量细长的线形韧皮薄壁细胞形成纺锤体状的迭生构造。基本组织细胞的形态极不规则。纤维的平均长度要较节间内的短得多, 其尾端通常圆钝, 有时具长的分, 部分纤维细胞内有内含物。通过连续切片的观察, 重建了维管束在节部的分叉模式。在导管周围分布了许多特殊的薄壁细胞, 他们的细胞壁特化成网状。韧皮部的结构在维管束的分叉处形成了一种特殊的纺锤状结构, 被称为“韧皮部结”, 其细胞壁终生保持非木质化状态。通过对“韧皮部结”超微结构的进一步的研究^[55], 发现构成“韧皮部结”的细胞之间胞间连丝十分丰富, 细胞壁具有传递细胞的特征, 其功能与物质的分流密切相关。Shanmughavel^[56]对竹节的结构和功能进行了研究。

2 叶片结构的比较研究

叶片解剖构造也为植物分类学家所重视,



Walter 曾在禾本科的分类中将竹型叶作为一大类。Brandis 对竹叶的结构进行了详细的描述, 但认为不同竹种的竹叶结构非常一致, 对竹类的系统分类没有明显的意义。Metcalf(1956)根据竹叶中脉的解剖特征, 将竹叶的解剖结构分为 8 个类型, 但他强调这 8 个类型在属的水平上没有分类意义。吴志英 (1961) 研究了台湾产竹 10 属 28 个竹种的解剖结构, 认为表皮上的角质突起, 表皮毛与硅细胞的分布与形态, 中脉维管束的数目与排列, 平行脉间小横脉的分布及疏密等特征有重要的分类价值, 多为分属的特性。而叶肉的层数, 硅细胞的有无、多寡, 气孔细胞行数, 泡状细胞的凹凸及排列等为分种的特征。近年来, 有关竹叶的解剖倍受人们的关注, 钱领元等^[57]对 16 个竹种的叶解剖特征进行了研究。认为维管束两侧的横向空隙(应为梭型细胞)的有无或发达与否、主脉的维管束特征、叶肉细胞的形状和泡状细胞的数目可以作为分类的依据, 并以此为基础编制了检索表。丁雨龙等^[58]研究了 24 个散生竹种的营养叶的解剖结构, 结果表明叶的解剖构造在属间无明显的界限, 并认为单一地将竹子叶片某个部位的解剖构造的资料应用于竹类植物的系统分类, 其价值不大, 只有在搞清楚它们结构的变化模式后, 对系统分类才可能有意义。赵惠如等^[59]对 27 个竹种的营养叶片进行了解剖观察, 探讨了竹类叶片解剖结构的系统演化, 认为叶肉细胞的形态、梭型细胞的有无与竹种的进化程度有关。陈守良等^[60]对光镜水平下竹类植物叶片的表皮微形态特征进行了研究。扫描电镜技术的应用拓展了人们对植物表面微形态的认识。陈晓亚^[61]研究了方竹属 27 个种的认为乳突在气孔上方的特殊的拱状排列在竹亚科有重要的系统分类价值。卢艳花^[62]观察了大节竹属, 唐竹属, 酸竹属的 23 个竹种的叶表皮微形态, 下表皮气孔上方乳突的排列类型和钩毛的类型有重要的分类价值。丁雨龙^[63]对刚竹属 47 个分类群研究结果表明, 表皮微形态特征对刚竹属系统重建意义不大, 但乳突、各种毛被的多态性以及粗毛的存在与否对部分竹种的区分有一定的价值。王润辉^[64]对此竹属和牧竹属的 6 种植物的叶表皮微形态进行了观察和研究, 认为气孔保卫细胞上乳突的数目和分布有一定的分类价值。

3 根和地下茎的解剖特性

地下茎是竹类植物主要的分类依据之一, 美国

竹类专家 McClure(1966, 1973)研究了竹子地下轴皮层内通气道, 并将它作为 *Arundinaria tecta* 和 *Shibataea kumasasa* 的分类依据及 *Arundinaria gigantea* 的种下等级的划分依据。耿以礼等只对竹类植物地下茎的外部形态及分类进行了论述。熊文愈等^[65]通过对毛竹(*Phyllostachys edulis*), 早竹(*Ph. praecox*)等散生竹类的秆茎及地下茎的顶端结构及节间生长的观察, 研究了竹秆顶端分生组织和居间分生组织的结构及其分化发育规律。江心和李乾, 赵惠如等^[21, 22, 66]对部分国产散生竹类的地下茎进行了解剖学研究, 并以地下茎的维管束形态及其排列方式作为竹子分类依据。龚祝南和赵惠如等^[67]研究了国产散生竹 11 属 62 种 6 变种 8 变型的地下轴解剖特征, 通过对国产散生竹地下芽的生长发育的特征, 发现地下茎的结构与芽的生长发育有密切的关系, 并认为气道的出现与地下芽的生长发育亦有联系。但未见有关丛生竹的生长发育的研究报道。宋桂卿和王正平^[68]对我国节柱竹族的 5 属 27 种的地下茎观察认为秆柄在本组的分属中具有重要意义, 并认为 5 个属间各自独立。吴海清和龚祝南^[68]对刚竹属 36 种, 2 变种及 16 变型的地下茎进行了比较解剖观察, 并且根据地下茎将刚竹属分为 3 个群体。丁雨龙^[63, 70]研究了国产部分散生竹的地下轴解剖构造, 认为刚竹属地下茎解剖构造与属的系统分类有密切关系, 地下茎通气道的有无可以作属内分组的依据。

对于根部解剖构造的研究相对较少, 国外学者日本学者竹内叔雄及 A. Arber 在 20 世纪 30 年代对根作了初步研究。中国胡成华等^[71]研究了 19 属(包括散生竹和丛生竹)34 种竹子的根部结构, 对竹类植物根的结构有了比较详细的阐述, 结果表明根据竹类植物根部的解剖特征可将竹类植物划分为两大类群, 即散生竹与丛生竹, 并认为这两大类群的根的解剖性质又与以花序为依据的分类密切相关。同时对竹内叔雄的部分结论进行了修正, 如丛生竹根的表皮并非永久不落, 而只是存在时间较长而已; 外皮层并非终生不加厚, 而是形成内向的 C 字形加厚; 丛生竹皮层内的气腔远较散生竹的为发达等。

4 花粉和果实的形态解剖

竹类花粉形态比较稳定, 对竹子的分类研究具有重要意义。张文燕等和汪宏奎等^[72, 73]对竹类花粉形态进行了电镜观察。赖广辉^[74]对刚竹属的 10 种植物的花部形态首次进行了描述和补充。竹类果实的

形态解剖特征是长期演化的产物,反映其系统特征。早在1883年Bentham和Hooker就以竹果的形态特征为基础划分竹类的亚族(相当于现在的族)。随之20世纪初Stafp,60年代Reeder,Mcclure及80年代Gopal et al.等报道了竹类果实的形态解剖研究结果。国内温太辉等^[75]研究了竹类5族21属(其中散生竹10属)30种的果实外部形态与淀粉形态,结果表明竹果形态在确定系统位置上的作用是重要的。喻富根等^[76]研究了21属39种竹子(其中散生竹11属25种)的果实,依果皮的性质,将竹类果实分为基本型颖果、浆果状颖果、坚果状颖果和半坚果状颖果四大类。并探讨了四类果实的进化关系。

5 小结

(1) 竹材的结构与竹材的性质有着密切关系,了解竹材的结构对改进竹材性质,开发竹材的新用途等均可提供重要的参考依据。

首先加强超微结构的研究:细胞壁的构成方式直接影响竹材的物理性能,尤其是纤维细胞壁的结构各竹种间还存在相当大的差别。竹材纤维细胞壁超微结构如 S_1 及 S_2 层微纤丝角的变化研究还较少,对细胞壁进行深层次的研究将会阐明不同竹种的纤维细胞壁的模式结构,从而为纤维的利用提供基础理论支持。

其次加强机理研究:竹材结构特别是维管束的构造及根叶等的形态解剖构造研究得较为深入,当各种结构的发生发育的机理方面还有待深入的研究,尤其是对与竹类利用密切相关的纤维细胞的发生发育过程的分子生物学机理及细胞壁的形成机理的研究更待深入。比如竹类开花机理尚未研究清楚,至今仍找不到有效的控制竹子开花的方法。

另外,加强与其它特性相结合的研究:研究竹材结构特性与其它特性的变异规律相结合,如解剖特征(纤维形态特征,微纤丝角,导管形态特征)与物理性能(年轮宽度,基本密度和干缩性质),力学性能(抗弯强度MOR,抗弯弹性模量MOE,木材端面、径面和弦面硬度)和化学性能(心、边材pH值和酸碱缓冲容量)等相结合。竹材结构属于木材科学,与森林培育,经营管理以及木材加工工艺学等多学科结合,从传统的木材构造、物理、力学、化学、缺陷和材质改进扩大到生物学、林学和加工利用学,将对充

分开发竹材用途提供更多的途径。

(2) 先进的研究方法和手段的应用。对解剖特性研究将注重应用先进的研究方法和手段,以不断加深对竹材特性的认识。如计算机仿真模拟、电子显微镜、红外分析技术,计算机图象分析等以及数学模型的建立,使竹材结构研究向超微方向发展。另外广泛吸纳高新技术,与社会、经济和资源、环境的发展紧密结合,促进学科前沿新的生长点和交叉点的出现。

(3) 理论研究用于指导生产,将竹材材性与竹林培育和竹材利用三者更好地结合起来,扩大竹材用途以实现可持续利用。

首先材性和培育结合:研究不同遗传结构、立地条件和栽培措施对竹材组织结构影响的规律,从而制订最佳选育措施和栽培技术,真正实现速生、丰产、优质和多用途指标的统一。研究不同材性指标与不同培育措施之间的关系,建立二者之间关系的数量化模型,可对材性和培育措施进行综合评价,以期实现定向培育优良竹种与开发现有竹类资源相结合。例如丛生竹,其产量较高、纤维长、造纸工艺简单,总体适应性广等特性,已成为各地造纸用竹材的主要竹种。在开发现有竹资源的同时,选用优良竹种、定向培育优良的纸浆用竹十分必要。

通过组织培养和转基因技术等实现竹类植物的遗传改良,从根本上改善竹类资源的加工利用现状。加快开发深度加工新产品,是竹业可持续发展的必由之路。

其次加强竹材性质与加工利用关系的研究,建立二者之间的数学模型,揭示材性对加工利用如防腐,防护等的影响原理,从而制订最优加工工艺和最佳利用途径,真正做到竹材合理和高效利用。另外,通过材性的研究可以应用物理和化学的方法对人工林木材进行功能性改进,扩大利用范围。

最后培育,材性研究和加工利用有机结合。对不同培育措施下的竹材通过不同加工利用方式的最终产品进行综合测评,为制订最佳培育措施及最优加工工艺提供科学依据,有望在木材部分领域实现以竹代木,以竹胜木。

参考文献

- 1 方伟,钱领元,李和达.部分国产竹材的比较解剖研究.竹类研究,1989,(4):1~11

(下接第12页)

shortage. This species has been cultivating for several centuries in some Asian countries. It was introduced into Germany in 1984, and into the USA in 1986.

Vigorous bamboo (*Phyllostachys vivax*) This species is native to East China and commonly cultivated in the lowlands around the villages for commercial shoot production. It was firstly introduced into the USA in 1908, and from there into France in 1981.

Tumid node bamboo (*Qiongzhueta tumidinoda*) This species is native to S-West China in Sichuan and Yunnan. Although it is usually considered as an ornamental species, its shoot is very delicious and has a high reputation in the world market. It was introduced into England in 1987 and the USA in the 1990's.

References

- 1 Austin R., Levy D., Ueda K. Bamboo. New York: Weatherhill, 1972, 88~128
- 2 Fu J. H. Chinese Moso Bamboo: Its Importance. Bamboo (The Magazine of The American Bamboo Society), 2002, 22 (5): 5~6

- 3 Keng P. C, Wang Z. P. Flora republicae popularis Sinicae, Tomus 9 (1). Beijing: Science China Press (in Chinese), 1996
- 4 Liese W. Bamboos - biology, silvics, properties, utilization. GTZ, Germany, 1985
- 5 Ma N. X. . Biodiversity and Resources Exploitation of Bamboo in China. In: Zhu, Z. H. (ed.). Sustainable development of the bamboo and rattan sectors in tropical China. Beijing: China Forestry Publishing House, 2001, 67~82
- 6 Muroi H. Guide book of the Fuji Bamboo Garden. Nagahara: Fuji Bamboo Garden, 1963
- 7 Ohrnberger D. The bamboos of the world. Elsevier, Amsterdam, 1999
- 8 Ranjan M. P. Rethinking Bamboo in 21st Century. In: Zhu, Z. H. (ed.). Sustainable development of the bamboo and rattan sectors in tropical China. Beijing: China Forestry Publishing House, 2001, 123~134
- 9 Rao A. N., Rao V. R., Williams J. T. Priority species of bamboo and rattan. Beijing: INBAR, 1994
- 10 Yi T.P. Compendium of Bamboos in Sichuan [M]. Forestry Publishing House of China, Beijing, 1997
- 11 Zhu S. L., Ma N. X., Fu M.Y. Compendium of Chinese Bamboo Species. Beijing: China Forestry Publishing House, 1994, 1~242

信息专栏

(上接第6页)

- 2 方伟,黄坚钦,等. 17种丛生竹材的比较解剖研究. 浙江林学院学报, 1998, 15(3): 225~231
- 3 李正理, 靳紫宸, 腰希申. 几种国产竹材的比较解剖观察. 植物学报, 1960, 8 (1): 25~30
- 4 李正理, 靳紫宸, 腰希申. 国产竹材的比较解剖观察续报. 植物学报, 1962, 10 (1): 15~38
- 5 马灵飞, 马乃训. 毛竹材性变异的研究. 林业科学, 1997, 33 (4): 356~363
- 6 普晓兰, 杜凡. 巨龙竹竹材结构及其变异的解剖学研究. 西南林学院学报, 2003, 23(1): 1~5
- 7 魏学智, 贺新强, 胡玉熹, 等. 广西产四种竹材的比较解剖研究. 竹子研究汇刊, 1998, 17(1): 18~23
- 8 魏学智. 四种竹材维管束和薄壁组织的比较解剖研究. 山西师大学报(自然科学版), 1999, 13(2): 44~47
- 9 腰希申, 梁景森, 麻左力, 等. 竹材表皮细胞的观察(一). 竹子研究汇刊, 1987, 6(3): 38~48
- 10 腰希申, 梁景森, 马乃训. 竹秆表面微形态的扫描电镜观察. 竹子研究汇刊, 1990, 9(1): 13~26

(11~76 略) ■

全球棕榈藤业可持续发展国际研讨会在北京举行

2006年7月23-27日,“全球棕榈藤业可持续发展国际研讨会”在中国北京国际竹藤大厦举行。此次研讨会由国际竹藤网络中心(ICBR)主持的ITTO项目“基于人工林资源中国棕榈藤业可持续发展的能力建设”和国际竹藤组织(INBAR)联合举办。参加会议的有来自孟加拉、古巴、加纳、印度、印度尼西亚、马来西亚、尼泊尔、菲律宾、泰国及中国的代表共47位。代表们就棕榈藤的资源状况、栽培和经营管理、生产利用、市场和制度发展做了主题报告并进行了分组讨论。最后,各小组对目前存在的一些问题达成共识,同时形成了正式的建议书。

——林业科技

重庆发现新竹种—黑水竹

梁平是重庆市的竹资源大县,有竹林面积1.3万hm²。梁平县林业局工作人员在调查搜集县内原生竹资源种时,在屏锦镇尖山寨发现了面积约0.03hm²的奇特竹子。采集的标本通过竹子分类专家鉴定认为,此类竹在全国尚未见记载,属于梁平特产竹种。因为新竹种当年生竿淡绿色,次年始变为紫黑色,老竿呈漆黑色,暂决定命名为“黑水竹”。

——中国绿色时报