

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.03.004

王富廷, 杨炜茹, 郝瑞杰, 等. 梅花垂枝性状次生木质部解离研究[J]. 广西植物, 2014, 34(3):304-307

Wang FT, Yang WR, Hao RJ, et al. Studies on the cell separation of the secondary xylem of pendulous characteristics of *Prunus mume*[J]. *Guihaia*, 2014, 34(3):304-307

梅花垂枝性状次生木质部解离研究

王富廷, 杨炜茹, 郝瑞杰, 王 涛, 张启翔*

(花卉种质创新与分子育种北京市重点实验室, 国家花卉工程技术研究中心, 北京林业大学园林学院, 北京 100083)

摘 要: 为探究梅花纤维发育对枝条形态的影响, 采用光学显微镜和过氧化氢-醋酸解离法, 选取直枝形与垂枝形梅花 4 个品种一年生枝条, 分基部、中部、梢部对枝条重力方向上下侧次生木质部进行解离观察。结果表明: 直枝形梅花枝条基部下侧纤维显著长于上侧, 垂枝形枝条基部下侧纤维显著长于上侧, 中部、梢部无显著差异; 4 个品种枝条基部中部梢部纤维直径均无显著差异。说明枝条纤维不均匀发育影响梅花枝条形态。

关键词: 梅花; 垂枝性状; 次生木质部; 纤维; 解离

中图分类号: Q944 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2014)03-0304-04

Studies on the cell separation of the secondary xylem of pendulous characteristics of *Prunus mume*

WANG Fu-Ting, YANG Wei-Ru, HAO Rui-Jie, WANG Tao, ZHANG Qi-Xiang*

(Beijing Key Laboratory of Ornamental Plants Germplasm Innovation and Molecular Breeding, National Engineering Research Center for Floriculture, College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Optical microscope was used to explore fiber morphology both in the upper and lower sides of one year-old branches among four upright and pendulous varieties by the H_2O_2 - CH_2COOH maceration. The results were as followed: the length of fiber in the lower side of the upright branches at the bottom was longer than the upper side significantly, the length of fiber in the upper side of the pendulous branches at the bottom was longer than the lower side significantly. There were no significant differences in other positions; the fiber diameter at different positions among four varieties indicated no significant differences separately. The results showed that the differences of fiber size effects shoot development of *Prunus mume*.

Key words: *Prunus mume*; pendulous characteristics; secondary xylem; fiber; separation

枝条下垂生长是树木形态发育的特殊类型, 因其独特的观赏价值, 一直是应用和研究的热点。树木表现垂枝性状与枝条对重力的反应密切相关, 该过程由重力感知、信号转导和不对称生长三个连续的步骤组成 (Valster *et al.*, 2008), 而纤维和管状分子是被子植物枝条木质部的主要成分 (Demura *et al.*, 2007), 纤维的生长发育来源于细胞分裂、扩张,

细胞次生壁沉积, 木质化及程序性凋亡等一系列过程 (Bailey, 1952; Mellerowicz *et al.*, 2001)。垂枝形态形成伴随着枝条上下侧木质部组织的发育, 木质部子细胞经形成层原始细胞分生后, 即进入细胞直径增加和长度伸长阶段 (Plomion *et al.*, 2001)。枝条横切面上沿径向纤维长度变化显著, 自枝条髓心向外逐渐增加, 达到一定大小后保持稳定 (来端,

收稿日期: 2013-12-16 修回日期: 2014-01-15

基金项目: 国家“863”计划项目(2011AA100207, 2013AA102607); 国家林业公益项目(201004012)。

作者简介: 王富廷(1987-), 男, 山东潍坊人, 在读硕士研究生, 从事梅花垂枝性状等研究, (E-mail) wolwft@163.com。

*通讯作者: 张启翔, 教授, 博士生导师, 主要从事园林植物资源与育种研究, (E-mail) zqxjbfu@126.com。

2008)。竖向从枝条底部到顶部纤维长度变化不显著,呈现逐步缩短的趋势(Jorge *et al.*, 2000; 时留新等, 2013), 纤维的长度与数量可能会影响枝条的形态(Eriksson *et al.*, 2000)。

梅花(*Prunus mume*)是中国传统名花,通过大量实生选种和杂交育种已选育出一大批垂枝形新品种(吕英民等, 2003),然而对于梅花垂枝发育的研究尚少。本实验选取直枝形、垂枝形梅花品种为研究对象,从形态学角度着手,以光学显微镜对纤维形态进行观察统计,比较不同部位梅花枝条重力方向上下侧纤维形态差异,以期解释梅花枝条垂枝性状形成提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

以梅花直枝形品种‘早花绿萼’(*Prunus mume* ‘Zaohua Lve’), ‘小绿萼’(*P. mume* ‘Xiao Lve’), 垂枝形品种‘单粉垂枝’(*P. mume* ‘Danfen Chuizhi’), ‘绿萼垂枝’(*P. mume* ‘Lve Chuizhi’)为材料,于 2012 年 12 月在北京鹫峰国家森林公园梅园,选取长势一致、无病虫害的健壮植株,选取分枝高度 1.5 m 左右,长约 1.2 m 一年生枝条若干,标记重力方向,由枝条基部紧贴枝干剪截,置于 FAA

固定液保存。

1.2 方 法

将经过 FAA 固定的枝条剥去树皮,选取枝条基部、中部、梢部的重力方向上下侧,计 6 个部位进行取样。于枝条木质部以内约 3 mm 处,切为长 1 cm 宽尽可能细的小条,4 个品种各选取 3 根枝条作为重复。

次生木质部解离采用李正理(1978)、孙同兴(2009)改良的过氧化氢-醋酸解离法。将材料浸泡于玻璃瓶装的解离液(30%过氧化氢:蒸馏水:醋酸=2:3:5)并封口,在 60 °C 烘箱内放置 48~72 h,待纤维分离呈棉絮状后,保存于 50%酒精。

每份解离样品制片 5 张,每张随机观察 10 个视野,测量记录 50 根成熟纤维的长度与直径。利用 Olympus CKX41 显微镜观察拍照,用 CellSense Entry 1.6 图像分析软件测定数据。所得数据采用 SPSS18.0.0 软件进行分析处理。

2 结 果 与 分 析

2.1 梅 花 纤 维 形 态 观 察

纤维是两端尖削,呈细而长的纺锤形,腔小壁厚的细胞。其末端呈钝圆、锐尖,或呈分歧状,纤维素微纤丝呈 Z 型、S 型绕曲,如图 1 所示。

表 1 4 个梅花品种枝条纤维长度

Table 1 Fiber length in four varieties of *Prunus mume*

梅花品种 Varieties	基部上侧 Upper side of bottom (μm)	基部下侧 Lower side of bottom (μm)	中部上侧 Upper side of middle (μm)	中部下侧 Lower side of middle (μm)	梢部上侧 Upper side of tip (μm)	梢部下侧 Lower side of tip (μm)
单粉垂枝 <i>Prunus mume</i> ‘Danfen Chuizhi’	675.1+41.9d	580.9+21.4c	576.6+21.2bc	580.7+20.6c	578.3+29.5bc	574.7+22.6bc
绿萼垂枝 <i>P. mume</i> ‘Lve Chuizhi’	690.5+46.1ef	579.1+22.3bc	580.2+25.8c	577.7+25.7bc	576.3+23.2bc	576.1+19.6bc
早花绿萼 <i>P. mume</i> ‘Zaohua Lve’	571.5+20.7bc	699.6+60.9f	572.4+23.8bc	575.7+22.5bc	570.4+20.1abc	572.2+22.9bc
小绿萼 <i>P. mume</i> ‘Xiao Lve’	558.3+21.5a	680.1+40.8de	568.7+19.1bc	572.1+20.8bc	572.2+21.8bc	572.1+18.8bc

注: 采用 Tukey 显著性检验法,不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Using Tukey's HSD test, different small letters mean significant differences at 0.05 level.

2.2 直枝形与垂枝形梅花不同部位纤维长度比较分析

4 个梅花品种枝条不同部位纤维长度数据分析如表 1、图 2 所示。

直枝形与垂枝形梅花纤维长度在枝条基部差异显著,中部、梢部无显著差异。经统计分析表明(表 1),垂枝形梅花‘单粉垂枝’枝条纤维长度为 510.3~854.7 μm ,平均长度为 595.7 μm ,枝条基部下侧纤维长度显著长于上侧,中部、梢部上下侧纤维长度无

显著差异。垂枝形梅花‘绿萼垂枝’枝条纤维长度为 511.1~820.6 μm ,平均长度为 596.6 μm ,枝条基部下侧纤维长度显著长于上侧,中部、梢部上下侧纤维长度无显著差异。直枝形梅花‘早花绿萼’枝条纤维长度为 513.1~851.9 μm ,平均长度为 593.4 μm ,枝条基部下侧纤维长度显著短于上侧,中部、梢部上下侧纤维长度无显著差异。直枝形梅花‘小绿萼’枝条纤维长度为 515.8~836.7 μm ,平均长度为 586.8

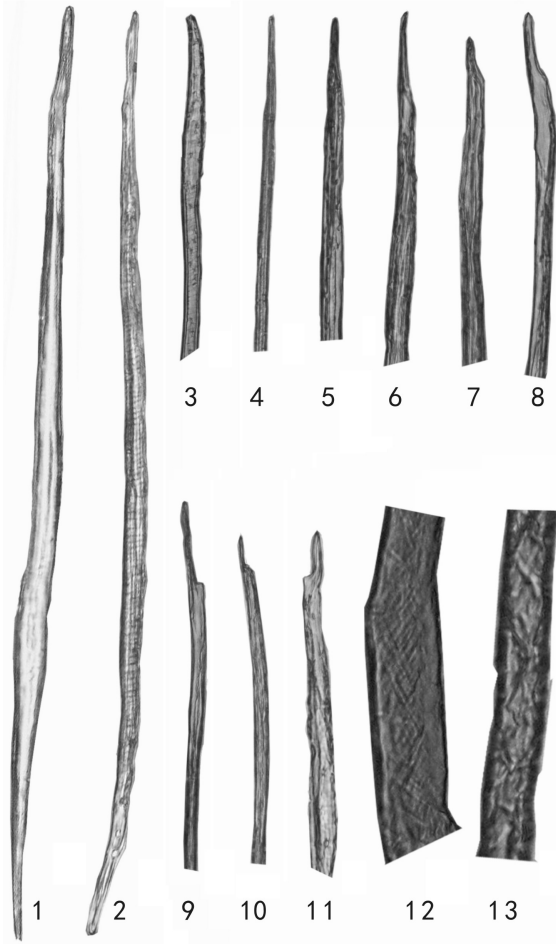


图 1 梅花纤维形态 1,2. 纺锤形纤维; 3. 纤维末端钝圆; 4-6. 纤维末端锐尖; 7-11. 纤维末端分歧状; 2,12,13. 纤维次生壁纤维素微纤丝 Z 型和 S 型绕曲排列。

Fig. 1 Fiber morphology of *Prunus mume* 1,2. spindle fiber; 3. blunt tip of the fiber; 4-6. sharp tip of the fiber; 7-11. split tip of the fiber; 2 is Z type and 12,13 are s type circling of cellulose microfibrils at secondary wall of the fiber.

μm , 枝条基部下侧纤维长度显著短于上侧, 中部、梢部上下侧纤维长度无显著差异。

枝条中部、梢部上下侧纤维长度在梅花 4 个品种之间亦无显著差异, 且垂枝形梅花‘单粉垂枝’、‘绿萼垂枝’枝条基部下侧以及直枝形梅花‘早花绿萼’枝条基部下侧均与枝条中部、梢部纤维长度无显著差异。结合图 2 梅花枝条不同部位纤维长度箱线图, 可见垂枝形梅花枝条基部下侧纤维与直枝形梅花枝条基部下侧纤维长度的数据分布范围明显高于其它部位。

2.3 直枝形与垂枝形梅花不同部位纤维直径比较分析

对 4 个梅花品种一年生枝条 6 个部位的纤维直径进行分析 (表 2)。表 2 结果显示, 梅花‘单粉垂

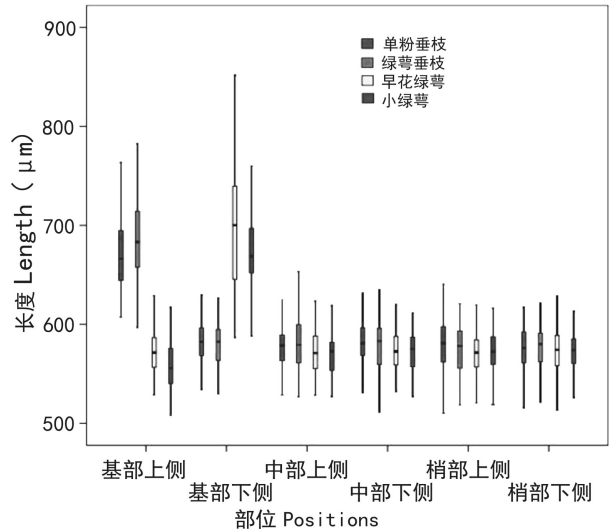


图 2 梅花不同部位纤维长度箱线图 图形由下至上分别表示最小值、下四分位数、中位数、上四分位数、最大值。
Fig. 2 Box-plot of fiber length at different positions of *Prunus mume* Pattern from bottom to top shows minimum, first quartile, median, third quartile, and maximum respectively.

枝’纤维直径为 $6.5 \sim 17.6 \mu\text{m}$, 平均为 $11.8 \mu\text{m}$, 枝条基部、中部、梢部上下侧纤维直径均无显著差异; ‘绿萼垂枝’纤维直径为 $6.4 \sim 17.1 \mu\text{m}$, 平均为 $10.9 \mu\text{m}$, 枝条基部、中部、梢部上下侧纤维直径均无显著差异; ‘早花绿萼’纤维直径为 $5.9 \sim 15.2 \mu\text{m}$, 平均为 $10.5 \mu\text{m}$, 枝条基部、中部、梢部上下侧纤维直径均无显著差异; ‘小绿萼’纤维直径为 $6.8 \sim 16.1 \mu\text{m}$, 平均为 $11.1 \mu\text{m}$, 枝条基部、中部、梢部上下侧纤维直径无显著差异。同一部位不同梅花品种之间, 纤维直径有显著差异, 但未发现明显规律。

2.4 直枝形与垂枝形梅花不同部位纤维长度与直径相关性分析

探究梅花一年生枝条纤维长度与直径关系, 如图 3 所示, 经 Pearson 双变量相关性检验, 相关系数为 -0.026 , 显著性为 $0.120 (>0.05)$, 说明梅花一年生枝条纤维长度与直径无显著相关性。

3 讨论与结论

本文对直枝形与垂枝形梅花一年生枝条纤维进行解离观察, 结果表明梅花一年生枝条纤维形态为两端尖削的纺锤形, 这与杨佩芳等(1995, 1996)在桃树上的研究结果一致, 但是梅花纤维长度、直径均大于桃树。梅花不同品种和部位枝条纤维长度、直径

表 2 4 个梅花品种枝条纤维直径
Table 2 Fiber diameter in four varieties of *Prunus mume*

梅花品种 Varieties	基部上侧 Upper side of bottom (μm)	基部下侧 Lower side of bottom (μm)	中部上侧 Upper side of middle (μm)	中部下侧 Lower side of middle (μm)	梢部上侧 Upper side of tip (μm)	梢部下侧 Lower side of tip (μm)
单粉垂枝 <i>Prunus mume</i> 'Danfen Chuizhi'	11.8+1.7hij	11.1+1.6cdefgh	11.4+1.8ghi	12.1+1.7ij	12.4+1.8j	11.9+1.8ij
绿萼垂枝 <i>P. mume</i> 'Lve Chuizhi'	10.7+1.7bcdef	10.6+1.5abcde	11.5+1.8ghi	10.8+1.5bcdefg	11.2+1.6cdefgh	11.1+1.5cdefgh
早花绿萼 <i>P. mume</i> 'Zaohua Lve'	10.6+1.5abcdefg	10.0+1.5a	10.3+1.6ab	10.8+1.6bcdefg	10.5+1.4abcd	10.5+1.6abc
小绿萼 <i>P. mume</i> 'Xiao Lve'	10.6+1.7abcde	11.2+1.7defgh	10.6+1.7abcde	11.2+1.8efgh	11.4+1.8fghi	11.4+1.9ghi

注:采用 Tukey 显著性检验法,不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Using Tukey's HSD test, different small letters mean significant differences at 0.05 level.

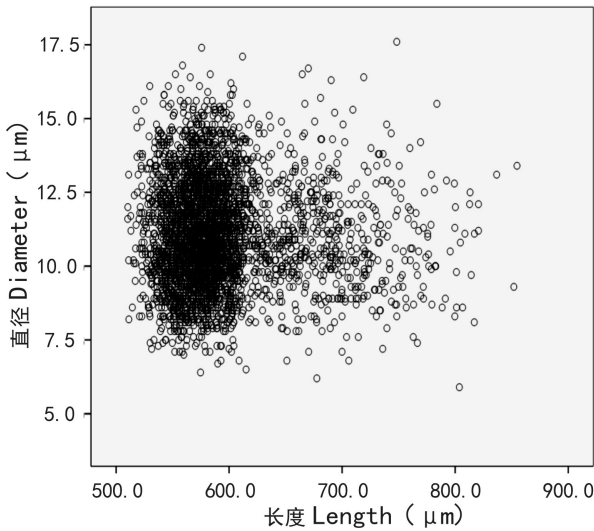


图 3 梅花纤维长度与直径散点图

Fig. 3 Scatter diagram of fiber length and diameter of *Prunus mume*

存在差异(Spurr *et al.*, 1954)。垂枝形梅花一年生枝条基部弯曲部位重力方向上侧纤维长度显著长于下侧,其它部位无显著差异;直枝形梅花一年生枝条基部弯曲部位重力方向下侧纤维长度显著长于上侧,其他部位亦无显著差异。通过对梅花一年生枝条生长观察,垂枝形梅花枝条在生长初期已呈现向下弯曲趋势。说明梅花枝条基部上下侧纤维细胞在伸长阶段的差异生长影响枝条形态发育,垂枝形枝条自新梢萌发后位于枝条基部下侧纤维伸长显著大于上侧,造成枝条下垂生长。本实验结果与李亚蒙(2006)在垂枝桃研究中认为枝条梢端生长快于次生木质部发育,使枝条无法支撑自身重量而下垂不同。另外 Nakamura *et al.*(1994a,b)认为赤霉素改变了垂枝樱(*Prunus spachiana*)次生木质部结构,影响了枝条形态发育;沈向(2008)对桃‘红雨垂枝’(*P.*

persica ‘Hongyu Chuizhi’)新梢施加外源 GA₃,枝条生长方向由下垂变为直立;吕英民(2003)对梅花‘锦红垂枝’(*P. mume* ‘Jinhong Chuizhi’)新梢施加外源 GA₃ 则没有改变梅花枝条伸长方向,这可能是由于影响垂枝梅与垂枝桃枝条次生木质部发育的机制并不相同。

4 个梅花品种一年生枝条纤维直径分别在基部、中部、梢部上下侧无显著差异,说明梅花一年生枝条纤维直径不影响梅花枝条形态建成,并且通过对梅花枝条纤维长度与直径相关性检验表明两者无显著相关性。综上所述,梅花一年生枝条垂枝形态建成受枝条重力方向上下侧纤维不均匀伸长影响,与纤维径向扩张无关。枝条上下侧形成层细胞分裂速度对于枝条形态的影响本实验未能给予检验(Sachs, 1965),有待进一步研究发现。

参考文献:

- Bailey IW. 1952. Biological processes in the formation of wood[J]. *Science*, **115**(2 984):255
- Demura T, Fukuda H. 2007. Transcriptional regulation in wood formation[J]. *Trends Plant Sci*, **12**(2):64-70
- Eriksson ME, Israelsson M, Olsson O, *et al.* 2000. Increased gibberellin biosynthesis in transgenic trees promotes growth, biomass production and xylem fiber length[J]. *Nat Biotechnol*, **18**(7):784-788
- Jorge F, Quilhó T, Pereira H. 2000. Variability of fibre length in wood and bark in *Eucalyptus globulus* [J]. *Iarwa J*, **21**(1):41-48
- Lai D(来端). 2008. Comparison of fiber morphology of *Michelia tosi* wood between plantation(乐昌含笑人工林和天然林木材纤维形态特征的比较)[J]. *Subtrop Agric Res*(亚热带农业研究), (2):89-90
- Li ZL(李正理). 1978. Plant Production Technology(植物制片技术)[M]. Beijing(北京):Science Press(科学出版社):91
- Li YM(李亚蒙). 2006. Physiological characteristics of weeping phenomenon and its simple sequence repeats analysis in weeping (下转第 325 页 Continue on page 325)