

Comparative Study on Structure of Leaves of *Callistemon rigidus* and *C. viminalis**

Jianhui Chen, Siyuan Xu, Yanxia Wu, Yanfei Liao, Hao Zhang

School of Life Sciences, Guangzhou University, Guangzhou Guangdong
Email: gzhubchjh@163.com

Received: Apr. 3rd, 2020; accepted: May 8th, 2020; published: May 15th, 2020

Abstract

In this study, paraffin section method was used to observe the anatomy of the leaves of *Callistemon rigidus* and *C. viminalis*. The aim was to make better use of both plants. Results showed the following: the leaves of both plants were isobilateral leaf, and had palisade tissue and spongy tissue; leaf veins were divided into four levels; the main vein was the open vascular bundle; the vascular bundle sheath of the third and fourth levels was obvious; they had schizogenous secretory cavity. The formation process of secretory cavity has experienced three stages: protocell stage, secretory cavity formation stage and secretory cavity maturation stage. The cuticle of *C. rigidus* was more developed. There were abundant sclerenchyma cells around the vascular bundle of main vein and secondary vein. There was a layer of sheath cells outside the secretory cavity, and the secretory cavity had a large volume and had many parts embedded in sponge tissue. The young leaves of *C. viminalis* had the structure of superficial fur. The volume of secretory cavity was small and the part embedded in sponge tissue was not much. This difference was related to the growth characteristics of the two plants and their adaptation to the growing environment.

Keywords

Callistemon rigidus, *C. viminalis*, Leaf Structure, Secretory Tissue, Paraffin Sectioning

红千层与串钱柳叶片结构的比较研究*

陈健辉, 许思源, 吴妍霞, 廖雁飞, 张浩

广州大学生命科学学院, 广东 广州
Email: gzhubchjh@163.com

收稿日期: 2020年4月3日; 录用日期: 2020年5月8日; 发布日期: 2020年5月15日

*2018年广东省高等教育教学改革项目: 基于“新师范”建设的生物科学专业实践教学体系的构建(粤教高函[2018]180号)。

摘要

本研究利用石蜡切片法对红千层叶片和串钱柳叶片进行解剖学观察,旨在更好地应用这两种植物,观察结果表明:这两种植物叶片均为等面叶,具有栅栏组织和海绵组织;叶脉分为四级,主脉为外韧无限维管束,三级脉、四级脉的维管束鞘明显;具有裂生型分泌腔。分泌腔的形成过程经历了:原始细胞阶段、分泌腔形成阶段和分泌腔成熟阶段三个阶段。红千层表皮角质层更发达;主脉、二级脉维管束周围的厚壁细胞丰富;分泌腔外围有一层鞘细胞,分泌腔体积大、嵌入海绵组织的部分较多。串钱柳幼嫩叶片具有表皮毛结构;分泌腔体积较小、嵌入海绵组织的部分不多。形成这种差异与这两种植物的生长特性和对其生长环境的适应性有关。

关键词

红千层, 串钱柳, 叶片结构, 分泌结构, 石蜡切片法

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

红千层(*Callistemon rigidus*)和串钱柳(*C. viminalis*),是桃金娘科(Myrtaceae)红千层属(*Callistemon*)外形极为相似的两种植物[1],都是常绿灌木或小乔木,都有“瓶刷子树”的别称。从外形看,两种植物是有区别的:红千层的枝叶坚硬,枝条呈直立状态,花序朝上;串钱柳的枝条呈拱状或者下垂,花序朝下。有良好的耐旱性,且花多、花期长,观赏价值高,故常作为绿化植物和园林植物广泛栽种[2]。

国内对这两种植物的研究,主要是探索其园林观赏价值以及如何栽培种植的问题:陈楚戟[3]就红千层,冯玉元[4]就串钱柳的外形特点,花期等方面进行了较为详细的描述,比较全面说明这两种植物的观赏价值及栽培方法和注意事项。陈定如[5],张雪雨[6]对串钱柳及桃金娘科几种观赏植物的观赏价值进行了研究。李敏莹等[2]对红千层属的各种植物进行了对比研究,较为详细地阐述了红千层属各种植物的观赏价值、观赏特点以及园林应用等方面的内容。

目前对红千层属植物的研究,已开始从园林景观的应用,逐渐发展到研究植物的化学组成成分、植物精油的活性和提取以及生理方面:黎灿等[7]研究了串钱柳叶片中的化学成分;单体江等[8]、陶文琴等[9]通过提取串钱柳叶片精油,测定串钱柳叶片精油的抗菌活性;梁忠云等人[10]以柳叶红千层(*C. salignus*)为实验材料,研究其叶片精油对不同病原细菌的抑制作用;黄婷等[11]采用水蒸汽蒸馏法,提取红千层叶的精油,认为其具备进一步开发成为天然的抗氧化剂和植物源杀虫剂的潜力。刘建福[12]研究红千层在不同天气条件下,叶片叶绿素荧光动力学参数和净光合速率的日变化。

国外对于串钱柳的研究并不多,主要有对串钱柳的药用价值和前景[13]以及串钱柳叶片精油成分的研究[14]。Praveen等[15]探究了红千层属不同物种的不同部分表现出的不同的药用价值。

上述研究表明:这两种植物已经从单纯的观赏性植物,变成具有一定药用价值的植物。但对两种植物叶片的解剖学研究不多,本研究主要是通过观察红千层、串钱柳在不同时期的叶片结构,找出两种植物叶片在发育过程中的形态变化规律,为进一步比较、研究它们,提供形态学依据,以便更有效地挖掘其价值。

2. 材料与方法

2.1. 材料的采集

本实验材料红千层(*C. rigidus*)和串钱柳(*C. viminalis*)叶片, 分别在其花期和生长期, 取自广东省广州市大学城。切取完整的、没有遭虫害的、处于不同发育时期的叶片中部、过叶脉部分, 用卡诺氏固定液固定 24 h, 70%酒精清洗 2 次, 每次 1 h, 后换新的 70%酒精, 低温保存, 备用。

2.2. 实验材料的处理

玻片标本的制作方法: 采用常规石蜡切片法制片、切片厚度为 8 μm , 1%碱性品红酒精染色, 中性树脂封片, Olympus 显微镜下观察并拍照。

叶片组织、细胞结构数据测量方法: 同一发育阶段切片材料, 取 15 个视野进行统计, 对每个视野中的细胞大小、比值进行测量, 再计算其平均值。

3. 结果与分析

3.1. 两种植物成熟叶片横切面结构的共同特征

在显微镜下观察红千层和串钱柳成熟叶片的横切面结构可见: 都由表皮、叶肉和叶脉三部分构成(图 1, 图 2)。各部分结构的共同特征是:

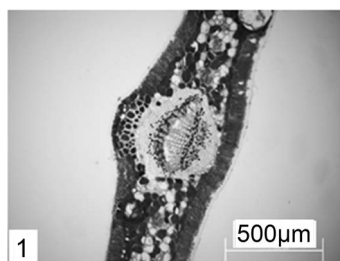


Figure 1. Leaf structure of *Callistemon rigidus*. Scale bars = 500 μm

图 1. 红千层叶片横切面。比例尺 = 500 μm

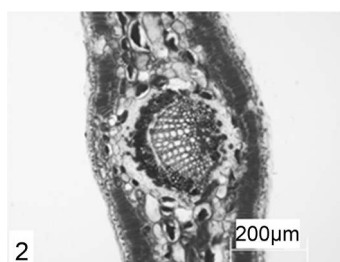


Figure 2. Leaf structure of *C. viminalis*. Scale bars = 200 μm

图 2. 串钱柳叶片横切面。比例尺 = 200 μm

表皮: 成熟叶片均各有一层上表皮和下表皮, 细胞排列紧密, 除气孔器外没有细胞间隙; 叶片的表皮细胞具角质层。

叶肉: 成熟叶片的叶肉组织都比较发达, 由栅栏组织和海绵组织组成, 均为等面叶, 上、下表皮内的栅栏组织, 有细胞 1~2 层, 细胞呈长柱形, 排列整齐、紧密, 细胞间隙不发达, 含丰富的叶绿体; 在栅栏组织之间是海绵组织, 多层, 细胞的大小和形态不规则, 具胞间隙; 叶绿体含量比栅栏组织的少, 中央的细胞更大, 含的叶绿体更少; 叶肉组织中都分布有分泌腔(图 3, 图 4)。

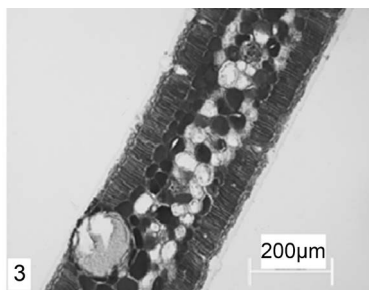


Figure 3. Non main vein area transaction structure of *C. rigidus*. Scale bars = 200 μm
图 3. 红千层叶片非主脉区横切面。比例尺 = 200 μm

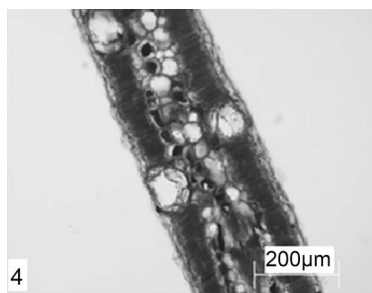


Figure 4. Non main vein area transaction structure of *C. viminalis*. Scale bars = 200 μm
图 4. 串钱柳叶片非主脉区横切面。比例尺 = 200 μm

叶脉：成熟叶片的叶脉由四级组成，一级为主脉，二、三、四级为侧脉，均为外韧维管束；主脉区的维管束为无限维管束，维管束外远轴面为薄壁组织、近轴面为同化组织(图 5)，二、三、四级叶脉周围均为有限维管束(图 6)。

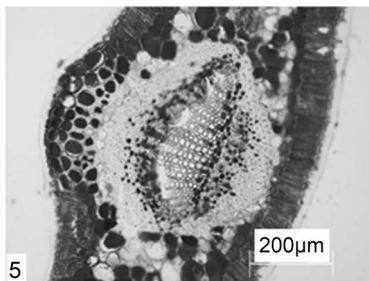


Figure 5. Main vein area transaction structure of *C. rigidus*. Scale bars = 200 μm
图 5. 红千层叶片主脉区横切面。比例尺 = 200 μm

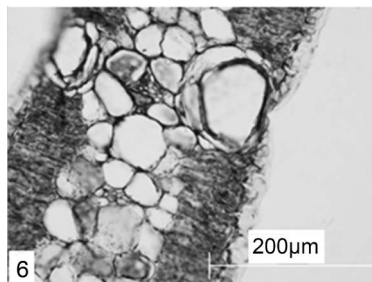


Figure 6. Leaf structure of *C. viminalis* showing fourth vein. Scale bars = 200 μm
图 6. 串钱柳叶片横切面，示四级脉。比例尺 = 200 μm

3.2. 两种植物叶片横切面结构的区别

在显微镜下观察红千层和串钱柳的成熟叶片的横切面结构可见，两者除具有上述的共同特征外，也有明显的区别：

3.2.1. 表皮

红千层幼嫩叶片的上、下表皮都为了一层表皮细胞，细胞壁外都有明显的角质层；随着叶片的发育，角质层的厚度有所增加；且从幼嫩时期到成熟时期都没有表皮毛结构(图 7)。

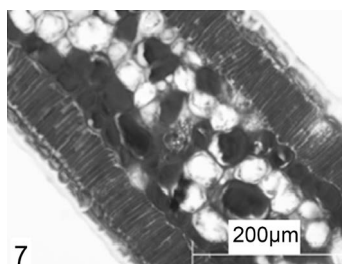


Figure 7. Leaf structure of *C. rigidus*. showing epidermis. Scale bars = 200 μm

图 7. 红千层叶片横切面，示表皮。比例尺 = 200 μm

串钱柳幼嫩叶片的上、下表皮都为了一层表皮细胞，细胞壁外的角质层厚度没有红千层的厚，且随着叶片的生长，角质层的厚度没有太大的变化。串钱柳幼嫩叶片的表面有大量表皮毛结构(图 8)，随后在生长过程中逐渐脱落，在成熟叶片中没有发现表皮毛结构(图 9)。

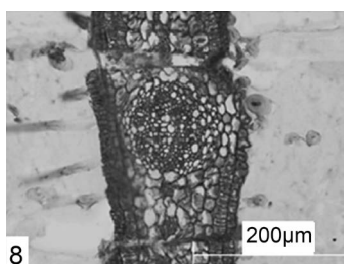


Figure 8. Leaf structure of *C. viminalis* showing trichome. Scale bars = 200 μm

图 8. 串钱柳叶片横切面，示表皮毛。比例尺 = 200 μm

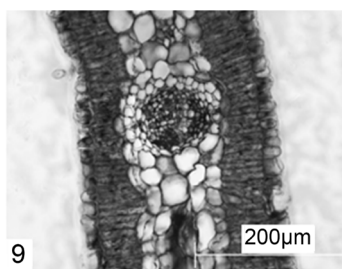


Figure 9. Leaf structure of *C. viminalis* showing epidermis. Scale bars = 200 μm

图 9. 串钱柳叶片横切面，示表皮。比例尺 = 200 μm

3.2.2. 叶肉组织

红千层紧贴上、下表皮的栅栏组织各有 1~2 层。裂生型分泌腔的数量较少，集中分布在各级叶脉附近。紧贴栅栏组织的海绵组织有 1 排较大的、含丰富原生质体的细胞；海绵组织的细胞壁比较厚(图 10)。

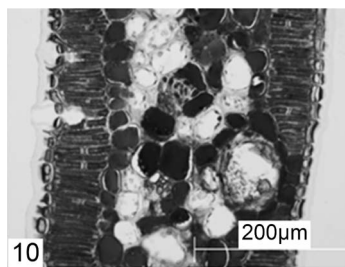


Figure 10. Leaf structure of *C. rigidus* showing mesophyll tissue. Scale bars = 200 μm

图 10. 红千层叶片横切面，示叶肉。比例尺 = 200 μm

串钱柳紧贴上、下表皮的栅栏组织各有 1~2 层。裂生型分泌腔的数量较多，分布规律不明显。在海绵组织的发育过程中，细胞排列相对比较紧密，胞间隙比较小，细胞形状不规则，细胞壁较薄(图 11)。

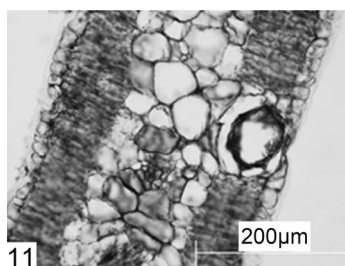


Figure 11. Leaf structure of *C. viminalis* showing mesophyll tissue. Scale bars = 200 μm

图 11. 串钱柳叶片横切面，示叶肉。比例尺 = 200 μm

两种植物的成熟叶片的表皮、叶肉组织在叶片中的占比见表 1。

Table 1. Comparison of the proportion of different structures in the non-main vein area in mature leaves of two plants (%)

表 1. 两种植物成熟叶片非主脉区不同结构占叶片比例的比较(%)

结构 Structure	串钱柳 <i>C. viminalis</i>	红千层 <i>C. rigidus</i>
角质层 Cuticle	2.27 ± 0.36	9.03 ± 1.29
表皮 Epidermis	9.24 ± 1.12	7.56 ± 0.78
栅栏组织 Palisade tissue	38.07 ± 3.43	34.02 ± 2.85
海绵组织 Spongy tissue	50.42 ± 3.96	49.39 ± 3.38

3.2.3. 叶脉

1) 主脉

红千层主脉的维管束具不发达的形成层；木质部层数多、呈放射状排列。维管束的输导组织外具有明显、细胞数量较多的厚壁组织，其外至下表皮间具 4~6 层薄壁细胞；上表皮至维管束间为同化组织，细胞排列整齐、清晰(图 12)。

串钱柳主脉维管束的形成层不发达。维管束的输导组织外的厚壁组织不如红千层的多，其外至下表皮间的薄壁细胞大小差异明显；上表皮至维管束间的同化组织，细胞排列不如红千层整齐、明显(图 13)。

2) 二级脉

红千层二级脉的维管束具 1 层薄壁细胞组成的维管束鞘；维管束多少陷入栅栏组织中。木质部中导管呈纵向排列，木质部与韧皮部在维管束的占比近似相等；有大量的厚壁细胞围绕在外；维管束外至表皮之间均为同化组织(图 14)。

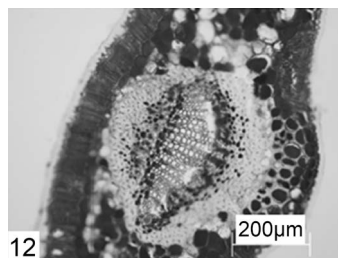


Figure 12. Leaf structure of *C. rigidus* showing main vein. Scale bars = 200 μm
图 12. 红千层叶片横切面，示主脉。比例尺 = 200 μm

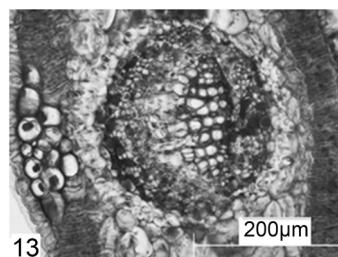


Figure 13. Leaf structure of *C. viminalis* showing main vein. Scale bars = 200 μm
图 13. 串钱柳叶片横切面，示主脉。比例尺 = 200 μm

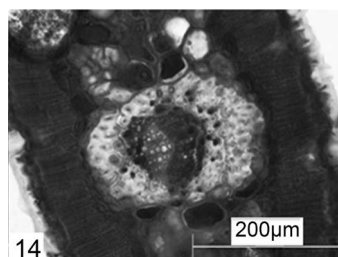


Figure 14. Leaf structure of *C. rigidus* showing secondary vein. Scale bars = 200 μm
图 14. 红千层叶片横切面，示二级脉。比例尺 = 200 μm

串钱柳二级脉的维管束由 1 层薄壁细胞组成的维管束鞘不明显；维管束多少陷入栅栏组织中。木质部中导管呈纵向排列，木质部与韧皮部在维管束的占比约为 2:1；外围绕的厚壁细胞不如红千层的多；维管束外至表皮之间均为同化组织(图 15)。

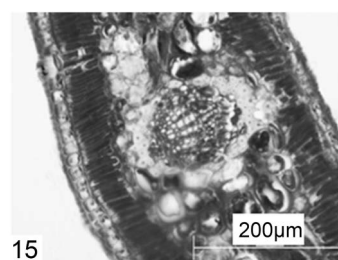


Figure 15. Leaf structure of *C. viminalis* showing secondary vein. Scale bars = 200 μm
图 15. 串钱柳叶片横切面，示二级脉。比例尺 = 200 μm

3) 三级脉

红千层三级脉中维管束明显、较大，具 1 层薄壁细胞组成的维管束鞘；维管束完全包陷在海绵组织中。在维管束内具厚壁组织细胞；组成木质部和韧皮部的细胞不多(图 16)。

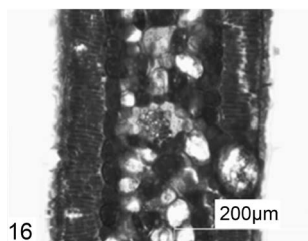


Figure 16. Leaf structure of *C. rigidus* showing tertiary vein. Scale bars = 200 μm
图 16. 红千层叶片横切面，示三级脉。比例尺 = 200 μm

串钱柳三级脉中维管束明显，维管束鞘由 1 层薄壁细胞组成；维管束完全包陷在海绵组织中。维管束中基本没有厚壁组织细胞；组成木质部和韧皮部的细胞不多(图 17)。

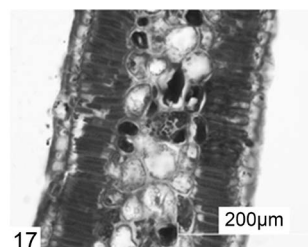


Figure 17. Leaf structure of *C. viminalis* showing tertiary vein. Scale bars = 200 μm
图 17. 串钱柳叶片横切面，示三级脉。比例尺 = 200 μm

4) 四级脉

红千层四级脉中维管束简单、较小，仅由几个细胞组成；由 1 层薄壁细胞组成的维管束鞘明显；维管束完全包陷在海绵组织中。组成木质部和韧皮部的细胞较少(图 18)。

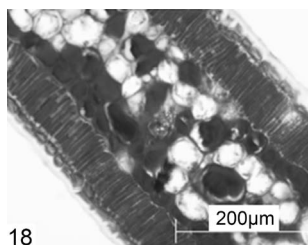


Figure 18. Leaf structure of *C. rigidus* showing fourth vein. Scale bars = 200 μm
图 18. 红千层叶片横切面，示四级脉。比例尺 = 200 μm

串钱柳四级脉中维管束简单、较小，组成的细胞数少；维管束鞘明显、由 1 层细胞组成；维管束完全包陷在海绵组织中。组成木质部和韧皮部的细胞少(图 19)。

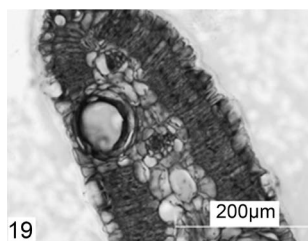


Figure 19. Leaf structure of *C. viminalis* showing fourth vein. Scale bars = 200 μm
图 19. 串钱柳叶片横切面，示四级脉。比例尺 = 200 μm

3.3. 叶片分泌组织的结构与发育

红千层和串钱柳叶片均具有明显的分泌组织。它们的发育进程相同，发育过程可分为以下三个阶段：原始细胞阶段、分泌腔形成阶段和分泌腔成熟阶段。各阶段的发育如下：

3.3.1. 原始细胞阶段

在显微镜下观察两种植物叶片横切面可见：分泌腔在形成初期，都是由几个原始细胞紧密聚集在一起，细胞的原生质体明显，细胞核较大，形态与周围的栅栏组织细胞有显著差异，染色后比周围其它细胞的颜色深，容易区分；原始细胞团最初都分布于栅栏组织中，且贴近上下表皮细胞的边缘，不存在于海绵组织中(图 20)。随着叶片的生长，原始细胞会进行分裂，逐步形成更多的原始细胞(图 21)。

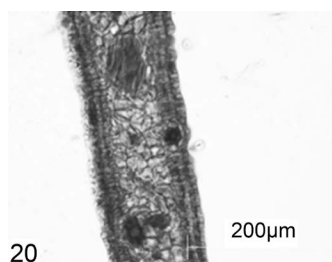


Figure 20. Leaf structure of *C. viminalis* showing secretory lumen protocell mass. Scale bars = 200 μm
图 20. 串钱柳叶片横切面，示分泌腔原始细胞团。比例尺 = 200 μm

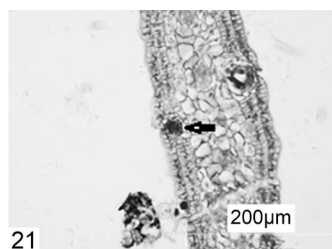


Figure 21. Leaf structure of *C. viminalis* showing protocell mass cells began to split. Scale bars = 200 μm
图 21. 串钱柳叶片横切面，示原始细胞开始分裂。比例尺 = 200 μm

3.3.2. 分泌腔形成阶段

随着叶片的发育、生长，原始细胞团之间的中胶层开始解体，形成一个小裂隙。随着器官、组织的生长，原始细胞间的裂隙逐渐扩大(图 22)，形成分泌细胞。此时的分泌细胞呈扁平状，排列紧密，细胞质浓(图 23)。随着分泌细胞的生长，分泌腔的腔隙逐渐增大；同时这些细胞也可以进行分裂，在分泌腔的外围形成一轮鞘细胞(图 24)。至此，分泌腔基本成型。

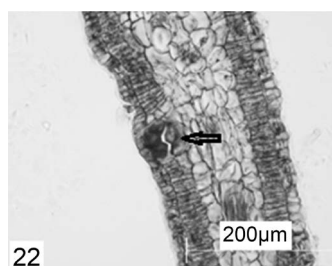


Figure 22. Leaf structure of *C. viminalis* showing the space between secretory cells gradually widened. Scale bars = 200 μm
图 22. 串钱柳叶片横切面，示分泌细胞胞间裂隙逐渐扩大。比例尺 = 200 μm

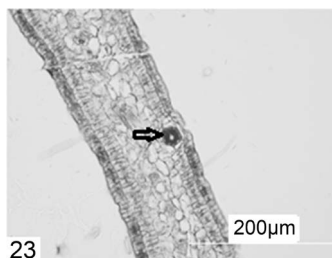


Figure 23. Leaf structure of *C. viminalis* showing secretory cavity formation. Scale bars = 200 μm

图 23. 串钱柳叶片横切面，示分泌腔形成。比例尺 = 200 μm

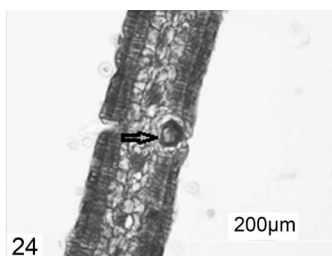


Figure 24. Leaf structure of *C. viminalis* showing secretory cells and sheath cells. Scale bars = 200 μm

图 24. 串钱柳叶片横切面，示分泌细胞及鞘细胞。比例尺 = 200 μm

3.3.3. 分泌腔成熟阶段

当叶片发育到成熟阶段时，分泌腔也发育成熟。此时，分泌腔的鞘细胞、分泌细胞及其所包围的腔清晰。红千层的分泌腔更大；鞘细胞的细胞质体浓密，染色深，与分泌细胞厚度相近；成熟后的分泌腔会嵌入栅栏组织以及较多的海绵组织中(图 25)。串钱柳的分泌腔不如红千层的大，但密度更高；鞘细胞的细胞质体稀，染色浅，较分泌细胞的厚度大，容易与分泌细胞区别；成熟后的分泌腔会嵌入栅栏组织以及少部分的海绵组织中(图 26)。

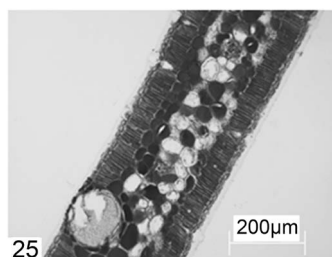


Figure 25. Leaf structure of *C. rigidus* showing mature secretory cavity. Scale bars = 200 μm

图 25. 红千层叶片横切面，示成熟的分泌腔。比例尺 = 200 μm

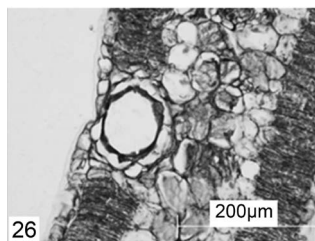


Figure 26. Leaf structure of *C. viminalis* showing mature secretory cavity. Scale bars = 200 μm

图 26. 串钱柳叶片横切面，示成熟的分泌腔。比例尺 = 200 μm

4. 讨论

4.1. 叶片结构的比较

两种植物都是喜阳喜湿的种类，红千层枝条挺拔不下垂，而串钱柳除主茎挺拔之外，其它枝条均柔软下垂[1]。从实验结果可以看到：红千层和串钱柳叶片表面都有一层角质层，串钱柳的幼嫩叶片表面有大量表皮毛，随着植物生长逐渐脱落，在成熟叶片中没有发现表皮毛。角质层的作用是保护和减少水分散失，且厚度主要受环境影响；表皮毛的作用和角质层类似，也是保护叶片、减少水分丧失[16]；红千层的叶片接触太阳光的面积更大，为减少水分散失，红千层发育形成更厚的角质层；串钱柳的幼嫩叶片角质层较薄，表皮毛与表皮上角质层互相配合，共同完成各种不同的保护功能[17]。

从各级叶脉看，红千层的维管束结构要比串钱柳发达，维管束内及周围含有更多的厚壁组织，维管束周围的细胞明显要比串钱柳丰富，维管束中导管及厚壁组织细胞更多，维管束的输导组织更加发达，运输能力更强；刚性更高，这都与它可以生长在更加干燥的环境相适应。

4.2. 分泌腔的比较

两种植物分泌腔的形成过程基本相同，类型均为裂生型，其发育过程与胡正海等人[18]在枳(*Poncirus trifoliata*)，王贺等人[19]在花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)报道的裂生型分泌囊的结构与发育过程也大致相同。

红千层叶片的成熟分泌腔外，围着一层明显的鞘细胞，细胞原生质浓密；而串钱柳分泌腔外，围着的鞘细胞，细胞原生质稀。两种植物分泌腔外，围着的鞘细胞有所不同，与这两种植物的生长特性有关。串钱柳的枝条呈拱状下垂，叶片接触阳光的面积小，水分散失的速度比较慢，而红千层的枝条中机械组织发达，枝叶向上生长，接触阳光的面积更大，容易散失水分，鞘细胞包围在上皮细胞外，有保护作用，减少上皮细胞水分的消耗，以维持正常生命活动。另外，串钱柳的分泌腔体积小，而红千层的分泌腔体积更大，发达的鞘细胞包围在扁平的分泌细胞外，有维持分泌腔的形态的作用，有利于将分泌物储存在分泌腔内。

在形态上，红千层成熟的分泌腔体积大，嵌入海绵组织内较多，而串钱柳的分泌腔体积较小，嵌入海绵组织的部分不多，但叶片中分泌腔的密度更大。红千层和串钱柳的叶片分泌腔中的挥发油，能让植物具备良好的抗虫抑菌的免疫能力，有利于植株的生长，而二者分泌腔体积、大小不一样，则储存的分泌物数量不一样，红千层的成熟叶片能储存更多分泌物，这与植株适应生长环境有关。红千层与串钱柳叶片分泌物的主要成分包括了萜类、酚类化合物[7] [11]，而红千层分泌腔的体积较串钱柳的大，则可以储存更多的分泌物。红千层和串钱柳叶片的挥发油是由分泌细胞产生的分泌物，在生长过程中，分泌细胞持续分泌挥发油并排入腔隙中不断积累，也是对自身的保护以及对环境的适应。

4.3. 两种植物分泌物质的应用前景

对两种植物叶片具体分泌哪些物质，从研究成果看，只知道串钱柳叶片含有很丰富的挥发油，由分泌细胞产生，具有一些抗菌活性及抗肿瘤作用：在陶文琴等[9]的研究中得知串钱柳叶片的粗提取物对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌等细菌具有不同程度的抑菌作用；在黎灿等[7]、黄婷等[11]的研究结果中可以得知，这两种植物叶片的一些特定物质也会具有抗虫的活性，这些物质，具体合成途径，还有待探究。串钱柳如今作为较常见的观赏植物，和红千层都可以在办公区、园林区和交通要道进行栽培[3] [4] [5]，营造舒适的环境，需要我们更加详细的去研究它们，从而更好地利用开发这类植物。

参考文献

- [1] 中国科学院华南植物研究所. 广东植物志(第3卷)[M]. 广州: 广东科技出版社, 1995: 171.

- [2] 李敏莹, 冯志坚. 红千层属观赏植物介绍及其园林应用[J]. 广东园林, 2014, 36(1): 60-64.
- [3] 陈楚戟. 浅谈红千层在园林景观中的应用及管理[J]. 福建热作科技, 2015, 40(2): 39-41.
- [4] 冯玉元. 花红似火的串钱柳[J]. 云南林业, 2007(2): 32.
- [5] 陈定如. 垂枝红千层、柠檬桉、窿缘桉、尾叶桉[J]. 广东园林, 2009, 31(5): 75-76.
- [6] 张雪雨. 针叶红千层(短蕊串钱柳)[J]. 园林, 2005(12): 37.
- [7] 黎灿, 谭海波, 邱声祥, 徐汉虹, 刘洪新, 杨晓云. 垂枝红千层叶化学成分的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2017, 29(6): 954-958.
- [8] 单体江, 冯皓, 祝一鸣, 吴春银, 郑明轩, 崔紫宁, 王军. 串钱柳挥发油化学成分及其抗菌活性[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2017, 41(2): 117-121.
- [9] 陶文琴, 梁锦升, 赵琳芝, 王刚, 张日凤, 黄丽宜. 垂枝红千层精油的提取及抗菌活性研究[J]. 广东农业科学, 2014, 41(6): 113-116.
- [10] 梁忠云, 李桂珍, 李进华, 文彩琳. 柳叶红千层挥发油的化学成分研究[J]. 广东林业科技, 2010, 26(3): 59-61.
- [11] 黄婷, 冉永红, 罗世惠, 司风玲, 闫振天, 陈斌, 何正波. 红千层精油的抗氧化活性及其对中华按蚊幼虫的杀虫活性[J]. 应用与环境生物学报, 2015, 21(6): 1086-1089.
- [12] 刘建福. 红千层叶片光合速率和叶绿素荧光参数日变化[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2007(5): 95-100.
- [13] Salem, M.Z.M., Ali, H.M., El-Shanhorey, N.A. and Abdel-Megeed, A. (2013) Evaluation of Extracts and Essential Oil from *Callistemon viminalis* Leaves: Antibacterial and Antioxidant Activities, Total Phenolic and Flavonoid Contents. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, **6**, 785-791. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(13\)60139-X](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(13)60139-X)
- [14] Salem, M.Z.M., Hefny, M.E.L., Nasser, R.A., Ali, H.M., El-Shanhorey, N.A. and Elansary, H.O. (2017) Medicinal and Biological Values of *Callistemon viminalis* Extracts: History, Current Situation and Prospects. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, **10**, 219-226. <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2017.03.015>
- [15] Goyal, P.K., Jain, R., Jain, S. and Sharma, A. (2012) A Review on Biological and Phytochemical Investigation of Plant Genus *Callistimon*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, **2**, 1906-1909. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60519-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60519-X)
- [16] 胡正海. 植物解剖学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 97-106.
- [17] 刘穆. 种子植物形态解剖学导论(第5版)[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 239-279.
- [18] 胡正海, 余刚. 积分泌囊的结构与发育的研究[J]. *Journal of Integrative Plant Biology*, 1993(6): 447-452+499-500.
- [19] 王贺, 景汝勤, 胡正海. 花椒果实中分泌囊的结构和发育的研究[J]. *西北植物学报*, 1988(3): 167-174+209-210.