

三种山茶属植物的木材解剖学研究

陈沂章^{1*}, 李芳¹, 石文婷¹, 吴宪¹, 王露露², 王军²

¹东莞植物园, 广东 东莞

²中国热带农业科学院海南热带农业资源研究院, 中国热带农业科学院热带生物技术研究所, 农业农村部热带作物生物学与遗传资源利用重点实验室, 海南 海口

收稿日期: 2022年8月16日; 录用日期: 2022年10月16日; 发布日期: 2022年10月25日

摘要

为更好地识别山茶属(*Camellia* L.)大苞白山茶(*Camellia granthamiana* Sealy)、杜鹃叶山茶(*Camellia azalea* C. F. Wei)及茶梅(*Camellia sasanqua* Thunb.)的木材解剖学特征, 本文从植物树皮、木材宏观及微观构造进行了详细观测。研究表明: 树皮: 大苞白山茶干燥时灰白色; 光滑, 纵向裂纹肉眼下不明显, 偶见有瘤状小突起; 杜鹃叶山茶和茶梅干燥时分别为褐色和棕色; 粗糙, 纵向裂纹明显。三者树皮较薄, 厚度约0.5 mm, 心边材区别不明显; 有或略有光泽; 无气味和滋味; 生长轮略明显; 髓心黄色至金黄色, 具有白色内含物, 富含晶体; 轴向薄壁组织无或不明显。大苞白山茶为散孔材至似半环孔材, 单管孔或短径列复管孔(多为2个, 稀3个), 杜鹃叶山茶和茶梅为散孔材, 以单管孔为主, 其次短径列复管孔(多为2个); 管孔形状呈不规则多角形或椭圆形、近圆形; 管间纹孔式梯列, 数目甚多, 220~390个/mm², 径切面上明显, 弦切面上可见; 导管分子穿孔板横列, 偶见斜列。木射线: 非叠生, 以异形I型为主, 其次为异形III型(大苞白山茶)、异形单列(杜鹃叶山茶和茶梅), 常见多列射线融成单列; 木射线密度(大苞白山茶15~20条/mm、杜鹃叶山茶和茶梅20~25条/mm); 射线宽度1~2细胞; 射线高度(大苞白山茶5~15个细胞、杜鹃叶山茶3~30个细胞、茶梅2~36个细胞); 射线细胞较大, 内含有树脂, 常见巨型菱形、长方形或不规则形晶体, 存在晶体的细胞常膨大; 径切面上, 横卧射线细胞垂直壁节状(其中大苞白山茶可见细胞核); 木纤维为纤维状管胞, 在横切面上呈不规则多角形。髓心细胞呈圆形或椭圆形, 边缘稍规则; 细胞直径15~60 μm; 大多细胞富含树脂; 部分细胞富含晶体。综上所述, 大苞白山茶与杜鹃叶山茶、茶梅的木材解剖结构具有较大差异, 而后两者非常接近, 与其他山茶属植物比较研究发现, 差别较小。本研究旨在为该属植物的木材鉴定、系统分类和植物保护提供依据。

关键词

山茶属, 大苞白山茶, 杜鹃叶山茶, 茶梅, 木材解剖学研究

Wood Anatomy Research of Three Plants of *Camellia* L.

Yizhang Chen^{1*}, Fang Li¹, Wenting Shi¹, Xian Wu¹, Lulu Wang², Jun Wang²

*通讯作者。

¹Dongguan Botanical Garden, Dongguan Guangdong

²Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Tropical Crops of Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology of Ministry of Agriculture Rural Affairs, Hainan Academy of Tropical Agricultural Resource of CATAS, Haikou Hainan

Received: Aug. 16th, 2022; accepted: Oct. 16th, 2022; published: Oct. 25th, 2022

Abstract

In order to better identify the wood anatomical characteristics of *Camellia granthamiana* Sealy, *Camellia azalea* C. F. Wei and *Camellia sasanqua* Thunb., this paper has carried out detailed observation on the macro-structure and micro-structure of plant wood and bark. The experiment results indicated that: The bark of *C. granthamiana* was gray when dry; smooth, longitudinal crack not obvious under the naked eye, and occasionally with protuberances like tumor; the bark of *C. azalea* and *C. sasanqua* was sepia and brown respectively when dry; rough, longitudinal crack obvious. The bark of three species were relatively thin, with a thickness of about 0.5 mm, and the difference between the heart-sapwood was not obvious; wood with or slightly glossy, no smell or taste, the growth ring was slightly obvious, the pith was yellow to golden yellow with white inclusions and abundant crystals; Axial parenchyma was absent or not obvious. *C. granthamiana*: Diffuse-porous wood to near semi-ring-porous wood, Single pore or short radial multiple pore (mostly 2, rarely 3), *C. azalea* and *C. sasanqua*: Diffuse-porous wood, mainly single pore, secondly short radial multiple pore (mostly 2); the shape of pore was irregular polygonal or elliptical, nearly round; Intervessel pitting scalariform, numerous, 220~390/mm². It's obvious on radial section and visible on tangential section; Perforation plate of vessel element transverse, occasionally oblique. The timber rays: Non-overlapping, mainly heterogeneous I type, secondly heterogeneous III type (*C. granthamiana*) or heterogeneous single type (*C. azalea* and *C. sasanqua*), multiple rays merge into a single commonly; timber ray density (*C. granthamiana* 15~20/mm, *C. azalea* and *C. sasanqua* 20~25/mm); timber ray width 1~2 cells; Timber ray height (*C. granthamiana* 5~15 cells, *C. azalea* 3~30 cells, *C. sasanqua* 2~36 cells); timber ray cells are large and contain gum, usually with giant rhombic, rectangular or irregular crystals, the cells with crystals are often enlarged; On radial section, vertically wall of recumbent ray cells are nodal (nucleus visible in *C. granthamiana* commonly); Wood fibers are fibrous tracheids with irregular polygonal shapes in cross sections. Pith core cells round or elliptic, the edges lightly regular. Cell diameter 15~60 μm; Most cells are rich in gum; Some cells are rich in crystals. To sum up, the timber anatomical structure of *C. granthamiana* was quite different from that of *C. azalea* and *C. sasanqua*, the latter two were similar, compared with other *camellia* plants: The difference is small. The aim of this study was to provide a basis for the research on the wood identification, systematic classification and plant conservation.

Keywords

Camellia L., *C. granthamiana*, *C. azalea*, *C. sasanqua*, Wood Anatomy Research

Copyright © 2022 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

山茶属(*Camellia* L.)于 1753 年建立[1], 全世界约 280 种, 全属包括油茶组(Sect. *Oleifera*)、红山茶组

(Sect. *Camellia*)、茶组(Sect. *Thea*)、古茶组(Sect. *Archecamellia*)、糙果茶组(Sect. *Furfuracea*)、瘤果茶组(Sect. *Tuberculata*)、金花茶组(Sect. *Chrysantha*)等 22 个组(Section), 主要分布于东亚北回归线两侧, 中国有 238 种, 约占该属物种的 85%, 是山茶属植物的原始发源地和现代分布中心, 主要分布在云南、广西、广东及四川, 其余种类产中南半岛及日本[2]。该属植物是我国极具特色的药用、食用和茶用植物资源, 主要体现在它的叶、花和种子[3]。其中叶子作为世界三大饮料之一的茶叶; 中国珍贵的木本油用植物——油茶组、红山茶组和茶组[4]; 世界著名花卉——山茶(*C. japonica* L.)、滇山茶(*C. reticulata* Lindl.)、茶梅(*C. sasanqua* Thunb.)等[5]。而对山茶属木材的利用方面报道不多: 如山茶属 3 个亚属 9 个组 43 种的木材解剖构造表明: 管孔类型为散孔材至似半环孔材; 射线以 2 列为主, 次为 1 列, 偶 3 列; 射线组织全为异形, 以异形 I 型为主, 稀 II 型和 III 型; 晶体和树胶常见, 含晶细胞多呈异形, 在某些组木材细胞中富含细胞核及细胞质, 推测山茶属为比较原始的种系[6]。并进一步从木材解剖学分子测定: 山茶属木材的各种解剖分子显示长度大、弦径小和胞壁薄等特点, 属于比较原始的种系。木材分子特征还表明, 木材密度大, 各种力学强度也大, 是很好的纤维工业用原料和农具柄及工艺用材[7]; 以及对 14 种广西产金花茶的木材进行解剖研究等[8]。

大苞白山茶(*Camellia granthamiana* Sealy), 是山茶属原始山茶亚属(Subg. *Protocamellia*)古茶组的乔木, 特产于我国广东东部, 生于海拔 150~300 m 的常绿林中, 其花朵顶生, 花瓣洁白而又平展苞片及萼片大, 革质, 极富观赏价值, 是我国特有珍稀木本植物, 具有重要的理论研究和应用价值[9]。大苞白山茶叶体基因组已被测序并构建了系统发育树, 结果表明其与茶[*C. sinensis* (L.) O. Ktze.]的亲缘关系最近[10]; 山茶属的染色体数目较稳定, $2n = 30$, 只有个别的种类, 大苞白山茶的染色体 $2n = 60$ [11]; 因其稀缺目前对它的研究甚少, 在木材方面的研究尚未见报道。

杜鹃叶山茶(*C. azalea* C. F. Wei)属于山茶亚属(Subg. *Camellia*)红山茶组(Sect. *Camellia*)的灌木, 特产于我国广东阳春地区, 生于海拔 100~500 m 的丘陵地区森林中的河流旁巨石之间; 四季常绿、夏季开花, 花大而艳丽, 被列为特有的“植物界大熊猫”, 由于其花期的特殊性, 近些年来广东棕榈园林公司采用快速的杜鹃叶山茶大树生产方法培育了 7000 多株, 作为园林绿化配置广泛应用[12]。有学者对杜鹃叶山茶的细胞学研究表明: 间期核为球形前染色体型, 有丝分裂前期染色体为中间型; 核型类型属于 Stebbins 的 1B 型。细胞学证据支持杜鹃叶山茶在山茶组中较为原始[13]; 应用石蜡切片法, 研究了杜鹃红山茶的大小孢子发生及雌雄配子体的发育过程[14]; 采用固相萃取和 GC-MS 技术分析了杜鹃红山茶花朵不同花期、不同部位等的挥发性成分及其相对含量[15]; 可通过种子繁殖、扦插繁殖、嫁接繁殖等研究, 获得了实用可行的繁殖技术等[16]; 而在木材方面的研究尚未见报道。

茶梅(*C. sasanqua* Thunb.)与杜鹃叶山茶同属于山茶亚属, 是油茶组(Sect. *Oleifera*)的小乔木, 分布于日本, 我国引种栽培, 是山茶科观赏价值很高的种类之一, 四季常青、色彩鲜艳、品种繁多, 为秋冬春季观花种类[17]。茶梅叶片的化学成分进行了 HPLC-MS 分析研究, 结果表明, 茶梅叶片中含有酚酸类、儿茶素类、黄酮醇及糖苷类物质[18]; 鲜茶梅花挥发油中的主要成分为丁香酚、二十烷、二十四烷、棕榈酸、芳樟醇[19]; 采用固相萃取和 GC-MS 技术, 分析了 6 个茶梅品种花朵的挥发性成分及其相对含量, 结果表明, 主体特征成分包括苯乙酮、顺式-芳樟醇氧化物、芳樟醇、环己酮、十四烷; 雄蕊、花瓣是挥发性成分释放的主要部位[20]等。对茶梅叶片的研究甚多, 在木材方面研究仅有较为笼统的研究, 主要是对油茶组木材解剖学的描述: 异形射线组织以异 III 型为主, 管孔形状多为不规则的多角形(3~6 角)或近圆形, 管间纹孔式为梯列等[6]。

到目前为止, 对大苞白山茶、杜鹃叶山茶和茶梅形态学特征、分布与习性和种子形态学、叶片化学成分、分子遗传学等方面都有研究报道[21]-[32], 其中, 大苞白山茶与杜鹃叶山茶均为我国特有种, 在中国生物多样性红色名录-高等植物卷中分别被评为易危(VU)和极危(CR)等级[33], 前者为国家重点保护野

生植物名录(第二批) II 级保护[34]。本文从树皮、木材宏观结构、微观结构等方面对其木材解剖学比较研究, 以期对山茶属植物的木材识别、物种鉴定及其保护、繁育、开发和利用等方面提供科学依据。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料

2.1.1. 植物材料

3 种山茶属植物茎段样品均于 2022 年 5 月采自广东东莞, 并压制腊叶标本, 标本号分别为 202201、202202 和 202203, 由作者依次鉴定为大苞白山茶(*Camellia granthamiana* Sealy)、杜鹃叶山茶(*Camellia azalea* C. F. Wei)和茶梅(*Camellia sasanqua* Thunb.), 凭证标本均藏于中国热带农业科学院热带生物技术研究所。

2.1.2. 仪器与设备

RM2235 切片机, 德国 Leica 公司; AM413T 手持式数码显微镜(物镜为 1 倍, 镜体变倍比为 10~500, 放大倍数为 10~500 倍), 深圳东仪精工设备有限公司; 体式显微镜(物镜为 1 倍, 10 倍目镜, 镜体变倍比为 0.7~11.5, 放大倍数为 7~230 倍), 日本 Olympus 公司。

2.2. 实验方法

2.2.1. 树皮

用肉眼观察并用游标卡尺测量: 记录树皮的颜色、光泽、厚度等。

2.2.2. 木材宏观构造

用木锯将茎段沿轴向锯断, 再用单面解剖刀片将断口处处理平整, 置于手持式数码显微镜下(35×)观测并记录。

2.2.3. 木材微观构造

按王军[35]木材制片方法: 将茎段上的树皮剥离后放入沸水中煮沸, 使其软化, 以达到沉水为宜, 再用小锯子或单面刀片切成大于 1 cm³ 的立方体。在将木块切成小块的同时选择好木材的 3 个切面, 即横切面要与导管纵轴垂直; 弦切面要与木射线垂直, 并与导管纵轴平行; 径切面应与木射线平行。在此步骤中, 如果在肉眼下不可见射线, 可借助放大镜或体式显微镜, 找到相互垂直的 3 个切面。在切片机上切制切片, 分别将横切面、弦切面和径切面切好, 切片厚度为 10~25 μm, 将切好的木材切片轻轻夹入盛有去离子水的培养皿中, 洗去碎末残渣后, 放入 1% 的番红中染色, 染色时间为 2~3 h, 之后将染色好的木材切片按次序分别放入盛有 50%、70%、85%、95% 的乙醇中进行梯度洗脱, 洗脱时间为 5~15 min, 洗脱一般为每个浓度 1 次, 也可根据情况增加洗脱次数和延长洗脱时间, 洗脱完成后将切片放入组织透明液中透明 2~3 h, 透明之后直接压片并用中性树胶封片, 置于阴凉处风干。将压制好的切片置于体式显微镜下观测, 其中木材放大倍数横切面为 40 倍, 弦切面和径切面均为 100 倍。

3. 观察结果

大苞白山茶、杜鹃叶山茶和茶梅的木材宏观构造图见图 1, 微观构造图见图 2, 对木材构造特征描述参照《中国木材志》[36]。观测结果如下:

3.1. 大苞白山茶(*Camellia granthamiana* Sealy)

别名: 大苞山茶、大白山茶。



Figure 1. Macro sections of *Camellia granthamiana*, *C. azalea* and *C. sasanqua*: (a) Bark of *C. granthamiana* (35×); (b) Bark of *C. azalea* (35×); (c) Bark of *C. sasanqua* (35×); (d) Cross section of *C. granthamiana* (35×); (e) Tangential section of *C. granthamiana* (35×); (f) Radial section of *C. granthamiana* (35×); (g) Cross section of *C. azalea* (35×); (h) Tangential section of *C. azalea* (35×); (i) Radial section of *C. azalea* (35×); (j) Cross section of *C. sasanqua* (35×); (k) Tangential section of *C. sasanqua* (35×); (l) Radial section of *C. sasanqua* (35×)

图 1. 大苞白山茶、杜鹃叶山茶和茶梅的木材宏观切面图: (a) 大苞白山茶树皮(35×); (b) 杜鹃叶茶树皮(35×); (c) 茶梅树皮(35×); (d) 大苞白山茶横切面(35×); (e) 大苞白山茶弦切面(35×); (f) 大苞白山茶径切面(35×); (g) 杜鹃叶山茶横切面(35×); (h) 杜鹃叶山茶弦切面(35×); (i) 杜鹃叶山茶径切面(35×); (j) 茶梅横切面(35×); (k) 茶梅弦切面(35×); (l) 茶梅径切面(35×)

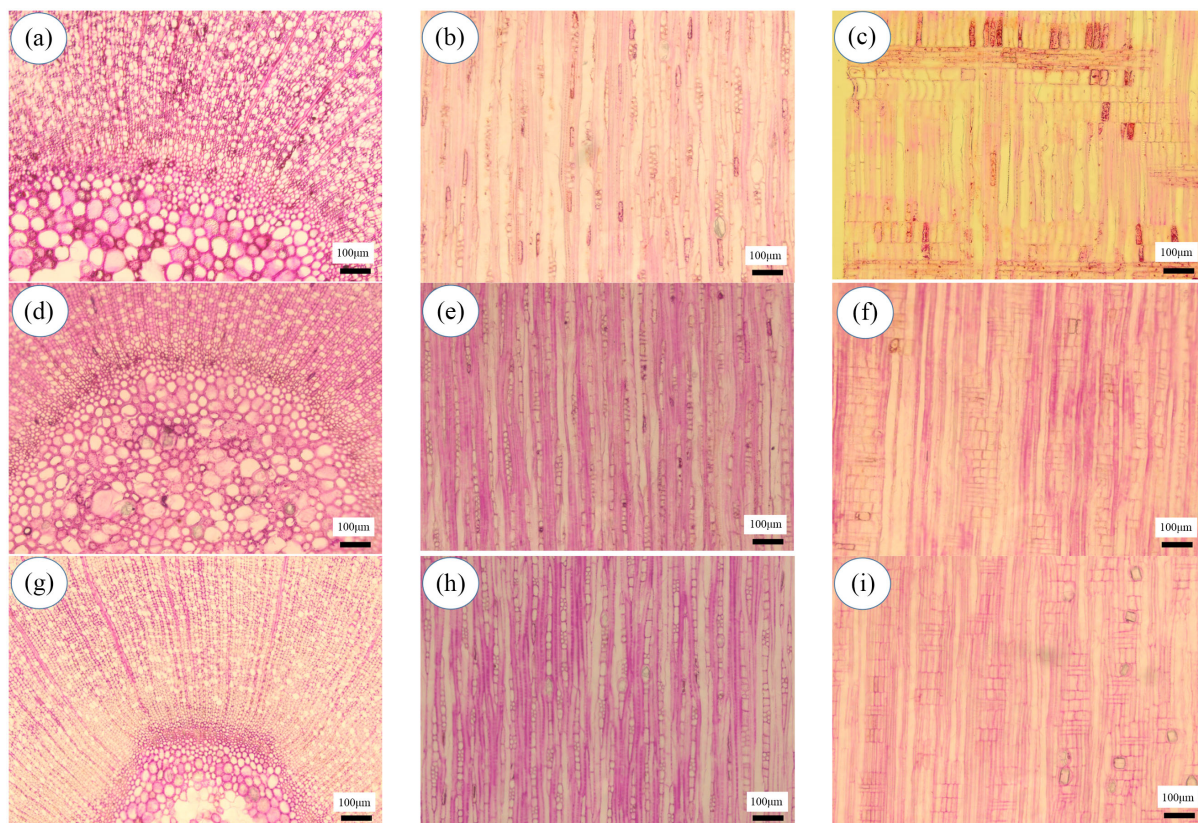


Figure 2. Micro sections of *Camellia granthamiana*, *C. azalea* and *C. sasanqua*. (a) Cross section of *C. granthamiana* (40×); (b) Tangential section of *C. granthamiana* (100×); (c) Radial section of *C. granthamiana* (100×); (d) Cross section of *C. azalea* (40×); (e) Tangential section of *C. azalea* (100×); (f) Radial section of *C. azalea* (100×); (g) Cross section of *C. sasanqua* (40×); (h) Tangential section of *C. sasanqua* (100×); (i) Radial section of *C. sasanqua* (100×)

图 2. 大苞白山茶、杜鹃叶山茶和茶梅的木材微观切面图。(a) 大苞白山茶横切面(40×); (b) 大苞白山茶弦切面(100×); (c) 大苞白山茶径切面(100×); (d) 杜鹃叶山茶横切面(40×); (e) 杜鹃叶山茶弦切面(100×); (f) 杜鹃叶山茶径切面(100×); (g) 茶梅横切面(40×); (h) 茶梅弦切面(100×); (i) 茶梅径切面(100×)

树皮: 薄, 厚约 0.52 mm; 颜色: 新鲜时绿色, 干燥时灰白色; 树皮光滑, 纵向裂纹肉眼下不明显、放大镜下略明显, 偶见有瘤状小突起。

木材粗视构造: 材色为黄褐色; 心边材区别明显; 有光泽; 无气味和滋味。生长轮明显, 10~12 轮/cm; 髓心金黄色, 呈不规则椭圆形, 弦径 0.7~1.2 mm, 富含白色内含物。木材类型: 散孔材至似半环孔材; 管孔: 较细, 在放大镜下略清晰; 管孔大小不一致, 在年轮处稍大; 侵填体白色, 偶见。轴向薄壁组织: 无或不明显。木射线: 横切面上木射线清晰, 较细, 分布稍宽, 常比管孔小, 富含树脂; 径切面上射线斑纹明显, 分布密集; 弦切面上呈细线状, 分布较密集。

材料: 陈沂章 202201。

木材显微构造: 导管横切面形状: 不规则多角形或椭圆形; 散孔材至似半环孔材; 数目甚多, 220~330 个/mm²; 单管孔或短径列复管孔(多为 2 个, 少见 3 个); 管孔排列分散, 单管孔弦径 15~28 µm, 复管孔弦径 20~45 µm; 管间纹孔式梯列, 径切面上明显, 弦切面上可见; 导管分子横隔横列, 偶见斜列。轴向薄壁组织无或不明显。木射线非叠生, 异形 I 型为主, 其次异形 III 型, 偶见异形单列, 常见多列射线融成单列(多列部分被单列细胞分隔成 2 段以上), 15~20 条/mm; 射线宽 1~2 细胞; 10~35 µm, 多数为 15~20 µm; 射线高 5~15 细胞; 100~400 µm; 射线间距 15~115 µm; 射线细胞中含有树脂, 偶见巨型菱形、长

方形或不规则晶体, 存在晶体的细胞常呈椭圆形并膨大, 在射线边缘与木纤维结合部间树胶含量丰富。射线细胞较大, 大小不一致, 弦径 5~35 μm 或长 5~35 μm , 宽 5~60 μm , 清晰可见; 多数为近圆形、椭圆形、长圆形, 边缘规则; 径切面上, 横卧射线细胞可见细胞核, 垂直壁节状, 直立细胞常可见细胞质和树胶。木纤维为纤维状管胞, 在横切面上呈不规则多角形。髓心细胞圆形、椭圆形, 稀多角形, 细胞边缘稍规则; 细胞弦径 15~56 μm ; 大多细胞富含树胶; 部分细胞含有晶体和晶簇。

3.2. 杜鹃叶山茶(*Camellia azalea* C. F. Wei)

别名: 杜鹃红山茶、假大头茶。

树皮: 薄, 厚约 0.46 mm; 颜色: 新鲜时棕绿色, 干燥时褐色; 树皮粗糙, 纵向裂纹明显。

木材粗视构造: 材色为黄色; 心边材区别不明显; 有光泽; 无气味和滋味。生长轮略明显, 8~10 轮/cm; 髓心金黄色, 呈不规则椭圆形, 弦径 0.8~1.5 mm, 具白色内含物, 富含晶体; 木材类型: 散孔材; 管孔较细, 在放大镜下略清晰; 管孔大小略一致, 分布均匀; 侵填体不明显或偶见。轴向薄壁组织无或不明显。木射线: 横切面上木射线清晰, 较细, 分布紧密, 常比管孔小, 部分含树胶; 径切面上射线斑纹明显, 分布密集; 弦切面上呈细线状, 分布密集。

材料: 陈沂章 202202。

木材显微构造: 导管横切面为不规则多角形或近圆形; 数目 220~380 个/ mm^2 ; 以单管孔为主, 其次短径列复管孔(多为 2 个, 少见 3 个); 管孔排列分散, 单管孔弦径 15~30 μm , 复管孔弦径 20~40 μm ; 管间纹孔式梯列, 径切面上明显, 弦切面上可见; 导管分子横隔斜列及横列。轴向薄壁组织无或不明显。木射线非叠生, 异形 I 型为主, 其次异形单列, 偶见异形 III 型, 常见多列射线融成单列, 20~25 条/mm; 射线宽 1~2 细胞; 10~20 μm ; 射线高 3~30 个细胞, 180~880 μm , 多数为 350~500 μm ; 射线间距 15~40 μm ; 射线细胞中含有树胶, 偶见菱形、长方形或不规则晶体, 存在晶体的细胞常呈椭圆形并膨大, 在射线边缘与木纤维结合部间树胶含量丰富。射线细胞较大, 大小不一致, 弦径 6~20 μm 或长 6~60 μm , 宽 6~20 μm , 清晰可见; 多数为近圆形、椭圆形、长圆形, 边缘规则; 径切面上, 横卧射线细胞垂直壁节状。木纤维为纤维状管胞, 在横切面上呈不规则多角形。髓心细胞圆形、椭圆形, 细胞边角边缘规则; 细胞弦径 15~60 μm ; 树胶不丰富; 部分细胞含有晶体和晶簇。

3.3. 茶梅(*Camellia sasanqua* Thunb.)

别名: 小茶梅。

树皮: 薄, 厚约 0.64 mm; 颜色为新鲜时棕绿色, 干燥时棕色; 树皮粗糙, 树皮纵向裂纹明显。

木材粗视构造: 材色为灰色; 心边材区别明显; 略具光泽; 无气味和滋味。生长轮明显, 6~8 轮/cm; 髓心黄色, 近圆形, 弦径 1.8~2.0 mm, 富含白色内含物; 木材类型: 散孔材; 管孔较细, 在放大镜下不清晰; 管孔大小略一致, 分布略均匀, 侵填体不明显或偶见。轴向薄壁组织无或不明显。木射线: 横切面上木射线略清晰, 较细, 分布紧密, 常比管孔小, 部分含树胶; 径切面上射线斑纹明显, 分布密集; 弦切面上呈细线状, 分布密集。

材料: 陈沂章 202203。

木材显微构造: 导管横切面不规则多角形或椭圆形; 数目甚多, 250~390 个/ mm^2 ; 以单管孔为主, 其次复管孔(2 个); 管孔排列分散, 单管孔弦径 15~28 μm , 复管孔弦径 20~35 μm ; 管间纹孔式梯列, 径切面上明显, 弦切面上略可见; 导管分子横隔横列及斜列。轴向薄壁组织无或不明显。木射线非叠生, 异形 I 型为主, 偶见异形单列, 常见多列射线融成单列, 20~25 条/mm; 射线宽 1~2 细胞; 10~30 μm ; 射线高 2~36 个细胞, 100~1000 μm , 多数为 250~500 μm ; 射线间距 15~95 μm ; 射线细胞中含有树胶, 巨型菱形、长方形或不规则晶体丰富, 存在晶体的细胞常呈椭圆形并膨大。射线细胞较大, 大小不一致,

弦径 6~30 μm 或长 6~60 μm , 宽 6~30 μm , 清晰可见; 多数为近圆形、椭圆形、长方形, 边缘规则; 径切面上, 横卧射线细胞垂直壁节状。木纤维为纤维状管胞, 在横切面上呈不规则多角形。髓心细胞圆形、椭圆形, 细胞边角边缘规则; 细胞弦径 12~45 μm ; 大多细胞树胶丰富; 部分细胞含有晶体和晶簇。

4. 讨论与结论

4.1. 讨论

本次对山茶属大苞白山茶、杜鹃叶山茶和茶梅的木材结构特征描绘参照《中国木材志》[36]和《中国热带及亚热带木材识别、材性和利用》[37], 详细描述了木材树木及分布、木材粗视构造及木材显微构造等方面的特征, 山茶属分隶于 4 个亚属, 19 个组, 将近 90% 集中分布于我国南部[38], 其中本研究中的大苞白山茶属于原始山茶亚属(*Subg. Protocamellia*)古茶组(*Sect. Archecamellia*), 而杜鹃叶山茶和茶梅分别属于山茶亚属(*Subg. Camellia*)的红山茶组(*Sect. Camellia*)和油茶组(*Sect. Oleifera*), 此前, 未有学者报道古茶组的木材解剖学研究。将本研究与前人[6] [7]研究山茶亚属红山茶组(1 种)和油茶组(1 种)比较研究发现(见表 1): 从宏观特征看: 大苞白山茶的树皮干时呈灰白色, 并有瘤状小突起, 而其他种类的树皮干时呈棕色至褐色, 突起未见。材色上, 以黄色至黄褐色为主, 茶梅为灰色, 油茶(*C. oleifera* Abel.)为浅红褐色。导管排列上, 大苞白山茶为散孔材至似半环孔材, 其他都为散孔材。从微观特征看, 管孔数量上: 本研究的 3 种导管数量甚多, 平均 250 个/ mm^2 , 油茶较少, 平均 92 个/ mm^2 。管孔: 除栓壳红花油茶(*C. phellocapsa* Chang & B. K. Lee)的管间纹孔式为梯列或梯列至过渡类型外, 均为梯列。木射线数量上: 大苞白山茶(15~20 条/ mm), 杜鹃叶山茶和茶梅(均为 20~25 条/ mm)较多, 栓壳红花油茶(8~16 条/ mm)和油茶(4~11 条/ mm)较少; 异形细胞组织上: 本研究的大苞白山茶、杜鹃叶山茶和茶梅以异形 I 型为主, 栓壳红花油茶以异形 III 型为主, 油茶以异形 II 型为主。本研究的大苞白山茶、杜鹃叶山茶在射线边缘与木纤维结合部间树胶含量丰富, 而茶梅未见。

本研究中大苞白山茶、杜鹃叶山茶和茶梅共同特征: 管孔为多角形, 以单管孔为主; 木射线以单列为主, 射线组织均为异形, 且以异形 I 型为主, 这些解剖特征均为比较原始的特征[39], 即该 3 种山茶属是比较原始的种系。

大苞白山茶散孔材至似半环孔材, 可见短径列复管孔, 少见射线细胞含结晶体, 这些特征又表现了其较为进化的特征。晶体是植物体内产生的一种具有特殊形态结构与生理功能的代谢产物, 具有多种重要的功能, 如植物保护和防御[40]、缓解逆境胁迫(抗旱、盐胁迫等) [41] [42] [43] [44]等, 本研究中的大苞白山茶、杜鹃叶山茶和茶梅均含有丰富的晶体。

4.2. 结论

本研究中大苞白山茶、杜鹃叶山茶和茶梅共同特征: 管孔多为不规则多角形, 以单管孔为主; 管间纹孔式为梯列; 导管分子穿孔板横列至斜列; 轴向薄壁组织无或不明显; 木射线非叠生, 以单列为主, 射线组织均为异形, 且以异形 I 型为主; 木射线中含有树胶和巨型菱形、长方形或不规则形晶体, 存在晶体的细胞常膨大; 径切面上, 横卧射线细胞垂直壁节状(其中大苞白山茶可见细胞核); 木纤维为纤维状管胞, 在横切面上呈不规则多角形; 髓心细胞呈圆形或椭圆形, 边缘稍规则; 大多细胞富含树胶, 部分细胞富含晶体。

大苞白山茶在许多木材解剖特征与杜鹃叶山茶和茶梅有较大区别, 前者树皮干时灰白色, 而后两者树皮干时褐色或棕色; 前者为散孔材至似半环孔材, 而后两者均为散孔材; 前者管孔中具有白色的侵填体, 而后两者均不明显或偶见; 前者导管分子穿孔板以横列为主, 后两者以斜列为主; 前者木射线数量较少(15~20 条/ mm), 后两者均较多(20~25 条/ mm)。

Table 1. Comparison of the wood recognition characteristics of five *Camellia* species
表 1. 五种山茶属植物的木材识别特征比较

项目 Item	山茶属树种 <i>Camellia</i> species				
	古茶组 Sect. <i>rhynchocamellia</i>	红山茶组 Sect. <i>Camellia</i>		油茶组 Sect. <i>Oleifera</i>	
	大苞白山茶 <i>C. granthamiana</i>	杜鹃叶山茶 <i>C. azalea</i>	栓壳红花油茶 <i>C. phellocapsa</i>	茶梅 <i>C. sasanqua</i>	油茶 <i>C. oleifera</i>
树皮 Bark	鲜时绿色, 干时灰白色; 光滑, 偶有瘤状小突起 Green (fresh), gray (dry); smooth, occasionally with protuberances	鲜时棕绿色, 干时燥褐色; 粗糙 Green brown (fresh), sepia (dry), rough	灰青至灰褐色 Grayish green to grayish sepia	鲜时棕绿色, 干时棕色; 粗糙 Green brown (fresh), brown (dry), rough	黄褐色; 光滑 Yellowish sepia; smooth
材色 Timber color	黄褐色 Yellowish brown	黄色 Yellow	淡黄色至淡黄红 Light yellow to yellowish red	灰色 Gray	浅红褐色 Light reddish sepia
生长轮 Growth ring	明显, 10~12 轮/cm Obvious, 10~12 circle/cm	略明显, 8~10 轮/cm Slightly obvious, 8~10 circle/cm	略明显, 宽约 1 mm Slightly obvious, Width 1mm	明显, 6~8 轮/cm Obvious, 6~8 circle/cm	明显, 6~8 轮/cm Obvious, 6~8 circle/cm
木材类型 Wood type	散孔材至似半环孔材 Diffuse-porous wood to near semi-ring-porous wood	散孔材 diffuse-porous wood	散孔材至似半环孔材 diffuse-porous wood to near semi-ring-porous wood	散孔材 diffuse-porous wood	散孔材至似半环孔材 diffuse-porous wood to near semi-ring-porous wood
管孔(宏观) Pore(macro)	大小不一致, 在年轮处 稍大, 侵填体白色, 偶见 Inconsistent in size, slightly larger at growth rings, with tyloses occasionally, white	大小略一致, 侵填体 不明显或偶见 Slightly consistent in size, tyloses not obvious or occasionally with.	大小近似, 在年轮处 稍大, 侵填体未知 Approximately in size, slightly larger at growth rings, tyloses unknown	大小略一致, 侵填体 不明显或偶见 Slightly consistency in size, tyloses not obvious or occasionally with	大小欠一致, 侵填体未见 Inconsistent in size, no tyloses
木射线 (宏观) Timber ray (macro)	较细, 稍宽, 富含树脂; 晶体可见 Finer, slight wide, rich in gum; with crystals	较细, 紧密, 部分 含树脂; 晶体可见 Finer, tight, with gum partially; with crystals	较长, 大小近似, 内含物未知 Longer, Approximately in size, inclusions unknown	较细, 紧密, 部分 含树脂; 晶体少见 Finer, tight, with gum partially; with crystals rarely	稀至略密, 甚细至中, 内含物未知 Sparse to slightly dense, very fine to medium, inclusions unknown
管孔形状 Shape of pore	不规则多角形或椭圆形 Irregular polygonal or elliptic	不规则多角形或 近圆形 Irregular polygonal or nearly round	不规则多角形或 近圆形 Irregular polygonal or nearly round	不规则多角形或 椭圆形 Irregular polygonal or elliptic	多角形 Polygonal
管孔数量 Number of pore	220~330 个/mm ² 220~330/mm ²	220~380 个/mm ² 220~380/mm ²	/	230~390 个/mm ² 230~390/mm ²	92 个/mm ² 92/mm ²
管孔类型 Pore type	单管孔或短径列复管孔 (多为 2 个, 稀 3 个) Single pore or short radial multiple pore (mostly 2, rarely 3)	以单管孔为主, 其次 短径列复管孔 (多为 2 个, 稀 3 个) Mainly single pore, secondly short radial multiple pore (mostly 2, rarely 3)	大多数单独排列 Mainly single pore	以单管孔为主, 其次 短径列复管孔(2 个) Mainly single pore, secondly short radial multiple pore (2)	单管孔, 稀短径列 复管孔(2 个) Single pore, rarely short radial multiple pore (2)
管孔弦径 Chord diameter of pores	单管孔 15~28 μm, 复管孔 20~45 μm Single pores are 15~28 μm, and multiple pores are 20~45 μm	单管孔 15~30 μm, 复管孔 20~40 μm Single pores are 15~30 μm, and multiple pores are 20~40 μm	/	单管孔 15~28 μm, 复管孔 20~35 μm Single pores are 15~28 μm, and multiple pores are 20~35 μm	多数 30~50 μm Mostly 30~50 μm

Continued

管间纹孔式 Intervessel pitting	梯列 Scalariform	梯列 Scalariform	梯列或梯列至过渡类型 Scalariform or scalariform to transition type	梯列 Scalariform	梯列 Scalariform
导管分子穿孔板 Perforation plate of vessel element	横列, 偶见斜列 Transverse, occasionally oblique	斜列及横列 Oblique and transverse	/	斜列及横列 Oblique and transverse	斜列及甚斜列 Oblique and mostly oblique
木射线数量 Number of timber rays	15~20 条/mm 15~20/mm	20~25 条/mm 20~25/mm	8~16 条/mm 8~16/mm	20~25 条/mm 20~25/mm	4~11 条/mm 4~11/mm
木射线类型 The type of timber rays	异形 I 型为主, 其次异形 III 型, 偶见异形单列 Mainly heterogeneous I type, secondly heterogeneous III type, occasionally heterogeneous single type	异形 I 型为主, 其次异形单列, 偶见异形 III 型 Mainly heterogeneous I type, secondly heterogeneous single type, occasionally heterogeneous III type	异形 III 型为主, 其次异形 II 型 Mainly heterogeneous III type, secondly heterogeneous II type	异形 I 型为主, 偶见异形单列 Mainly heterogeneous I type, occasionally heterogeneous single type	异形 II 型 Heterogeneous II type
木射线大小 The size of timber rays	宽 10~35 μm ; 高 5~15 细胞 (100~400 μm) Wide 10~35 μm ; Height 5~15 cells (100~400 μm)	宽 10~20 μm ; 高 3~30 个细胞 (180~880 μm) Wide 10~20 μm ; Height 3~30 cells (180~880 μm)	/	宽 10~30 μm ; 高 2~36 个细胞 (100~1000 μm) Wide 10~30 μm ; Height 2~36 cells (100~1000 μm)	宽 22~47 μm ; 高 3~22 细胞或以上, 119~510 μm Wide 22~47 μm ; Height 3~22 cells or more (119~510 μm)
木射线间距 Timber rays spacing	15~115 μm	15~40 μm	/	15~95 μm	/
木射线内含物 Timber ray inclusion	含有树脂, 偶见巨型 菱形、长方形或 不规则晶体 Contain gum, occasio- nally with giant rhombic, rectangular or irregular crystals	含有树脂, 偶见巨型 菱形、长方形或 不规则晶体 Contain gum, occasio- nally with giant rhombic, rectangular or irregular crystals	树脂未知, 含有长方形、 菱形或不规则形晶体 Gum unknown, with rectangular, rhombic or irregular crystals	含有树脂, 偶见巨型 菱形、长方形或 不规则晶体 Contain gum, occasio- nally with giant rhom- bic, rectangular or irre- gular crystals	射线中部分含有树脂, 巨型菱形晶体丰富 Some of the rays contain gum and rich in giant rhombic crystals

5. 展望

大苞白山茶本种于 1959 年才公诸于世, 它的模式标本采自九龙半岛, 仅发现两丛植株, 60 年代于粤东、粤西相继发现, 分布零星, 为数极少, 其种子含油, 可供食用; 花果较大, 花期长, 可观花观果, 具有优良的园林造景特性; 杜鹃红山茶植株整齐、树形优美、常绿、花大红艳、花期为夏季且长、抗逆性强、少病虫害及可制作成盆景至于阳台、室内等处观赏。茶梅叶似茶, 花如梅而得名, 树型娇小、分枝低易修剪、体态秀丽、叶形雅致、花色艳丽、花期冬季到春季, 也是庭院、阳台、园林等理想的盆栽名花。随着人们对园林审美水平和种类多样化需求的日益提高, 山茶属植物应用越来越广泛, 在今后的园林绿化应用中应更加突出种类多样化和不同形态美的双重需求。因此, 深入开展山茶属植物研究, 特别是我国特有的种类, 具有重要的园林应用和经济价值, 同时亦有利于山茶属种质资源的保护及为新品种育种提供宝贵的亲本材料。

基金项目

东莞市社会科技发展(重点)项目(2019507101193)。

参考文献

- [1] Von Linnaeus, C. (1753) *Camellia*. Species Plantarum. Vol. 2, Impensis Laurentii Salvii, Stockholm, 698.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第 49 卷第三分册. 山茶科[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1-251.
- [3] 王俐娟, 曾秋梅, 王晓琴. 3 组山茶属植物油脂研究进展[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(11): 165-171.
- [4] 魏佳, 陈小龙, 孙华, 等. 油用山茶属植物育种与利用研究进展[J]. 浙江农业学报, 2012, 24(3): 533-540.
- [5] 王钰彤. 三种山茶属植物叶片降脂活性评价及差异物质挖掘[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽农业大学, 2018.
- [6] 牟继平, 徐峰. 广西山茶属木材解剖构造研究[J]. 广西农业生物科学, 2004, 23(2): 122-126.
- [7] 牟继平, 徐峰, 梁宏温. 广西山茶属木材解剖分子研究[J]. 广西林业科学, 2007, 36(2): 78-81.
- [8] 徐峰, 谢福惠, 梁盛业. 广西金花茶木材解剖研究[J]. 广西植物, 1989, 9(3): 249-254.
- [9] 陈朋, 杨蕾蕾, 张苏州, 等. 大苞白山茶胚性愈伤的诱导及植株再生[J]. 植物生理学报, 2019, 55(6): 767-773.
- [10] Editorial Committee of Flora of China (2007) Flora of China: *Camellia*. Vol. 12, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 367-412.
- [11] Li, W.X., Shi, X.G., Guo, W.X., et al. (2018) Characterization of the Complete Chloroplast Genome of *Camellia granthamiana* (Theaceae), a Vulnerable Species Endemic to China. *Mitochondrial DNA Part B*, 3, 1139-1140. <https://doi.org/10.1080/23802359.2018.1521310>
- [12] 黄万坚, 刘信凯, 高继银. 杜鹃红山茶(*Camellia azalea*)生物学特性及园林应用价值[C]// 2008 年全国植物园学术年会论文集. 中国植物学会植物园分会编辑委员会: 中国林业出版社, 2008: 81-87.
- [13] 王霜, 王仲朗, 梁静, 等. 濒危植物杜鹃红山茶的细胞学研究[J]. 云南植物研究, 2007, 29(6): 655-658.
- [14] 罗晓莹, 莫罗坚, 庄雪影. 杜鹃红山茶大小孢子发生及雌雄配子体发育研究[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(4): 68-71+75.
- [15] 李辛雷. 杜鹃红山茶遗传多样性及其濒危机制[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国林业科学研究院, 2012: 1-108.
- [16] 刘就, 陈考科, 林喜珀, 等. 杜鹃红山茶的栽培技术[J]. 中国热带农业, 2007(1): 61-62.
- [17] 章丹峰, 齐鸣, 楼晓明, 等. 25 个茶梅品种生物学特性及直立型筛选评析[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(10): 2011-2013+2119.
- [18] 马俊蓉, 薛春迎, 李永梅. 两种山茶属植物化学成分的 HPLC-MS 分析[J]. 云南农业大学学报, 2015, 30(6): 974-981.
- [19] 吴迪迪, 朱启航, 蒋加树, 等. 鲜茶梅花挥发油化学成分的分析及清楚 DPPH 自由基的能力[J]. 河北科技师范学院学报, 2015, 29(1): 65-69.
- [20] 王洁, 李辛雷, 范正琪, 等. 不同茶梅品种花朵挥发性成分研究[J]. 广西植物, 2018, 38(7): 934-942.
- [21] 杨建芬, 张寿洲, 刘金梅, 等. 大苞白山茶组培、保育及推广应用[Z]. 国家科技成果, 2014.
- [22] 刘雅思. 广东省珍稀植物 DNA 条形码与分子鉴定[D]: [硕士学位论文]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2019: 1-121.
- [23] 罗晓莹, 庄雪影, 杨跃生. 杜鹃红山茶遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2007, 15(2): 93-100.
- [24] 钟乃盛, 严丹峰, 柯欢, 等. 杜鹃红山茶与 29 个山茶属原生种间的杂交亲和性研究[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(7): 140-145+148.
- [25] 王江英, 朱朋波, 葛金涛, 等. 杜鹃红山茶 ACO1 的克隆及其表达分析研究[J]. 热带作物学报, 2021, 42(8): 2175-2182.
- [26] 林田, 李天菲, 杨华, 等. 茶梅品种资源的收集保存、鉴定评价及种质创新[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(2): 207-211.
- [27] 李辛雷, 孙振元, 李纪元, 等. 广东鹅凰嶂自然保护区杜鹃红山茶种群结构与空间分布格局[J]. 应用生态学报, 2013, 24(8): 2115-2121.
- [28] 朱启航, 赵秀玲. 茶梅茎叶中挥发油化学成分的分析[J]. 河北科技师范学院学报, 2015, 29(1): 61-64+69.
- [29] 马俊蓉, 薛春迎, 李永梅. 两种山茶属植物化学成分的 HPLC-MS 分析[J]. 云南农业大学学报, 2015, 30(6): 974-981.
- [30] 王洁, 李辛雷, 殷恒福, 等. 茶梅品种‘冬玫瑰’不同花期及花器官的香气组成成分分析[J]. 植物资源与环境学报, 2018, 27(1): 37-43.

- [31] 韩国勇. 不同茶梅品种杂交亲和性分析[J]. 热带作物学报, 2018, 39(12): 2377-2382.
- [32] 马翔, 李辉, 郭霄, 等. 不同氮沉降对耐冬山茶和茶梅生长及生理特性的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2021, 38(4): 262-272.
- [33] 环境保护部和中国科学院. 中国生物多样性红色名录——高等植物卷[EB/OL]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201309/t20130912_260061.htm, 2013-09-02.
- [34] 林草局农业农村部. 国家重点保护野生植物名录[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/09/content_5636409.htm, 2021-09-07.
- [35] 王军, 段瑞军, 黄圣卓, 等. 西沙群岛 4 种木材的解剖学研究[J]. 热带作物学报, 2020, 41(3): 603-608.
- [36] 成俊卿, 杨家驹, 刘鹏. 中国木材志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 449.
- [37] 成俊卿, 李秣, 孙成志, 等. 中国热带及亚热带木材识别、材性和利用[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [38] 张宏达. 山茶属植物的系统研究[Z]. 广东: 中山大学学报, 1981.
- [39] 喻诚鸿. 次生木质部的进化与植物系统发育的关系[J]. 植物学报, 1954, 3(2): 183-196.
- [40] Ruiz, N., Ward, D. and Saltz, S. (2002) Calcium Oxalate Crystals in Leaves of *Pancratium sickenbergeri*: Constitutive or Induced Defence? *Functional Ecology*, **16**, 99-105. <https://doi.org/10.1046/j.0269-8463.2001.00594.x>
- [41] Li, Z.L. and Li, R.A. (1981) Anatomical Observations of Assimilating Branches of Nine Xerophytes in Gansu. *Chinese Bulletin of Botany*, **23**, 181-185.
- [42] Liu, J.Q. (1982) Xerophilous Structures of Desert Plants in Different Ecological Types. *Journal of Plant Ecology*, **6**, 314-319.
- [43] Su, P.X., An, Z.L., Ma, R.J., et al. (2005) Wreath Structure and C4 Photosynthetic Characteristics of Desert Plants *Ammodendron* and *Calligonum mongolicum*. *Chinese Journal of Plant Ecology*, **29**, 1-7. <https://doi.org/10.17521/cjpe.2005.0001>
- [44] Xu, J.J., Ci, H.C., He, X.D., et al. (2012) The Calcium Crystals and Calcium Component Characteristics of 54 Plants in Salinization Habitat in Tianjin. *Chinese Journal of Applied Ecology*, **23**, 1247-1253.