

文章编号: 1674-7054(2018)03-0358-05

星油藤营养器官的解剖结构

王亚荣¹ 张世鑫² 宋希强¹ 蔡波¹ 蔡泽坪¹ 于旭东¹

(1. 海南大学 热带农林学院, 海口 570228; 2. 中国热带农业科学院 橡胶研究所/
农业部橡胶树生物学与遗传资源利用重点实验室, 海南 儋州 571737)

摘要: 利用石蜡切片技术, 对星油藤的营养器官进行了形态学研究。结果表明: 星油藤的根、茎和叶与一般双子叶植物的形态结构类似。根的木质部发达, 木质部有大量导管, 导管孔径不同且呈散生分布, 不规则; 位于木质部外围的中柱鞘细胞转变成分生组织, 形成侧根生长点, 继而形成侧根, 侧根多且发达。茎的髓部明显, 幼茎的髓部由薄壁细胞填充, 成熟老茎的髓部中空, 髓鞘明显, 呈环状, 茎中导管大且多。叶片为异面叶, 栅栏组织小且长, 排列紧密, 海绵组织排列较疏松, 有大个的细胞间杂其中, 叶片主脉中含有两层维管组织, 成熟的老叶中维管组织庞大, 叶背部机械组织发达, 支脉少, 少见支脉维管束。

关键词: 星油藤; 营养器官; 石蜡切片; 解剖结构

中图分类号: S 565.9

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2018.03.014

星油藤(*Plukenetia volubilis* L.) 又称南美油藤、印加花生、印加果等, 印加语称它为 Sacha Inchi, 原产于南美洲安第斯山脉的热带雨林地区^[1]。属于大戟科(Euphorbiaceae), 是多年生的常绿木质藤本, 可作为油料作物, 星油藤果中不饱和脂肪含量高达 93%, 是印加人和秘鲁人食用油的重要来源, 我国于 2006 年, 从秘鲁开始引种^[2]。用星油藤的种子榨取的植物油品质优良, 不含任何不利于人体健康的物质^[2-3], 对调整人体血脂指数、预防人类心血管方面的疾病、保养肌肤等作用显著^[4]。星油藤是一种种子油脂和蛋白质含量高、碳水化合物含量低的植物^[5], 果实类型主要有 4 种: 4 裂片、5 裂片、6 裂片和 7 裂片^[6]。由于星油藤引入我国时间尚短, 现如今只在我国云南、贵州、广西以及海南有少量分布^[7-8]。星油藤生长迅速, 开花坐果率高, 管理粗放, 是一种新兴的高档油料植物, 但抗寒能力差, 容易受到冻害影响, 且受害后的死亡率较高^[9]。由于星油藤相关的研究资料较少, 特别是形态解剖结构方面的资料更是寥寥无几, 因此, 笔者利用石蜡切片技术对星油藤进行解剖结构研究, 旨在了解星油藤的组织结构特征和发育规律, 为星油藤品种选育、病虫害研究等提供参考。

1 材料与方法

1.1 植物材料 星油藤种植后, 从发芽开始计算 4~5 个月便开始开花, 果实成熟需要 8~9 个月时间, 全年可开花结果, 盛产期为种植后 2~3 年^[10]。实验用的星油藤采自海南省昌江县霸王岭自然保护区星油藤种植基地(19°6'42"N, 109°5'48"E, 海拔 162 m)。采样时间为 2016-05—2017-07, 样品包括: 幼根(扦插后 2 个月, 根的成熟区)、老根(盛花期, 根的成熟区); 幼茎(种子播种, 幼苗出土后 2 个月, 茎的上半部分)、茎(幼苗出土 6 个月后, 茎的中间部分)、老茎(盛花期, 茎的下半段部分); 幼叶(盛花期, 茎顶端向下数第 3 片叶)、中叶(盛花期, 茎顶端向下数第 7 片叶)、老叶(盛花期, 茎基部向上数第 3 片叶); 果(开花后 90 d, 星油藤的果)。

1.2 切片步骤 采用常规石蜡切片制作方法^[11-12]。星油藤各组织器官的取样经真空泵抽气后, 用 FAA

收稿日期: 2018-02-22

修回日期: 2018-05-22

基金项目: 海南省重点研发专项(ZDYF2017042); 海南省科技成果示范推广专项(SQ2014CGSF0022)

作者简介: 王亚荣(1993-), 女, 海南大学热带农林学院 2017 级植物学专业硕士研究生。E-mail: 1002777644@qq.com

通信作者: 于旭东(1973-), 男, 副教授, 研究方向: 植物学。E-mail: 13909481919@126.com

固定液($V_{50\% \sim 70\% \text{乙醇}} : V_{\text{甲醛}} : V_{\text{乙酸}} = 90 : 5 : 5$)固定24 h; 植物材料经过乙醇脱水、正丁醇透明、浸蜡和包埋等处理后, 使用 Leica 切片机进行切片, 切片厚度 $10 \sim 16 \mu\text{m}$; 烘好的切片使用二甲苯脱蜡, 番红-固绿二重染色; 将染色好的切片进行乙醇脱浮色和脱水等操作后, 二甲苯透明, 中性树脂封片。

1.3 观察、拍照 片子晾干48 h后, 置于 Leica DMLB 显微镜下观察, 然后用 DFC500 对切片进行拍照。

2 结果与分析

2.1 根的形态结构 星油藤在出苗后约10 d, 主根的生长速度逐渐变缓, 到一定程度就会出现萎缩现象, 其须根发达, 数量超过20条; 一些须根会逐渐生长成侧根, 侧根长成后其上再着生少量的须根。其根系分布在 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}$ 的土层范围内, 总体来看为须根系。通过对幼根、老根的切片的观察(图1), 笔者发现, 星油藤的主根由周皮、次生韧皮部、维管形成层、次生木质部、初生木质部组成。周皮位于根的最外层, 起保护作用。周皮的木栓层细胞排列整齐, 木栓层之下是栓内层。次生木质部的导管, 其孔径不同, 除了导管, 还有大量的薄壁细胞。除此以外, 还可观察到侧根的生长点, 侧根生长点起源于中柱鞘, 这种起源发生在皮层以内, 所以被称为内起源。在侧根原基中地观察到表皮、皮层和维管柱等结构。

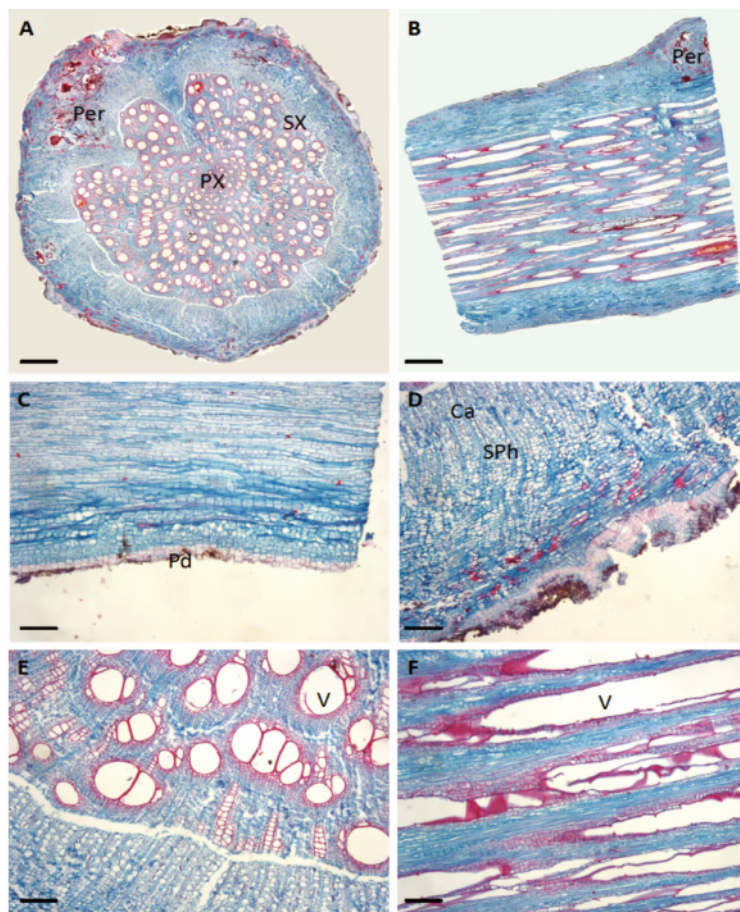


图1 星油藤根的形态结构

A: 老根横切图; B: 老根纵切图; C: 幼根纵切; D~E: 老根横切; F: 幼根纵切; Per: 中柱鞘; Px: 初生木质部; Pd: 周皮; Ca: 形成层; V: 导管; SX: 次生木质部; SPh: 次生韧皮部。标尺: A~F = $100 \mu\text{m}$

Fig. 1 Morphology and structure of the roots of *Plukenetia volubilis*

A: Cross section of an older root; B: Longitudinal section of an older root; C: Longitudinal section of a young root; D~E: Cross sections of older roots; F: Longitudinal section of a young root; Per: Pericycle; Px: Primary xylem; Pd: Periderm; Ca: Cambium; V: Vessel; SX: Secondary xylem; SPh: Secondary phloem. Bar: A~F = $100 \mu\text{m}$

2.2 茎的形态结构 星油藤为木质藤本植物, 茎攀援型。其茎形状为圆筒状, 其主茎会随生长期的延长分枝数逐渐增多, 并且不断从1级分枝产生2级分枝, 再从2级分枝产生3级分枝到4级分枝以上。从图2可知, 星油藤的茎由角质层、表皮、厚角组织、皮层、木质部、韧皮部、髓部、导管等构成。其中, 角质层位

于最外部,星油藤茎部表皮由初生分生组织中的原表皮发育而成,和一般的植物结构相同,作为茎的初生保护组织,在幼茎的横切片中观察的更明显。在横切面上,表皮细胞形状为长方形,排列十分紧密,细胞间没有间隙,其作用是控制蒸腾速率,抵抗一般病菌侵入植物体内。表皮以内分布有皮层细胞,皮层由基本分生组织发育而来,主要由薄壁细胞组成,多层,细胞排列相对疏松,皮层的外围分化出厚角组织。髓部位于星油藤茎的中心部分,很明显来源于基本分生组织,由薄壁细胞组成,在星油藤茎的横切片中,可以清楚地观察到在髓部的周围有排列紧密的小细胞,称为髓环带,在星油藤生长的过程中,幼茎的髓部中部具有髓腔,随着植物的生长,在中期,髓的中部被薄壁细胞填充;成熟后,可以观察到老茎髓部为中空的,出现了髓腔。

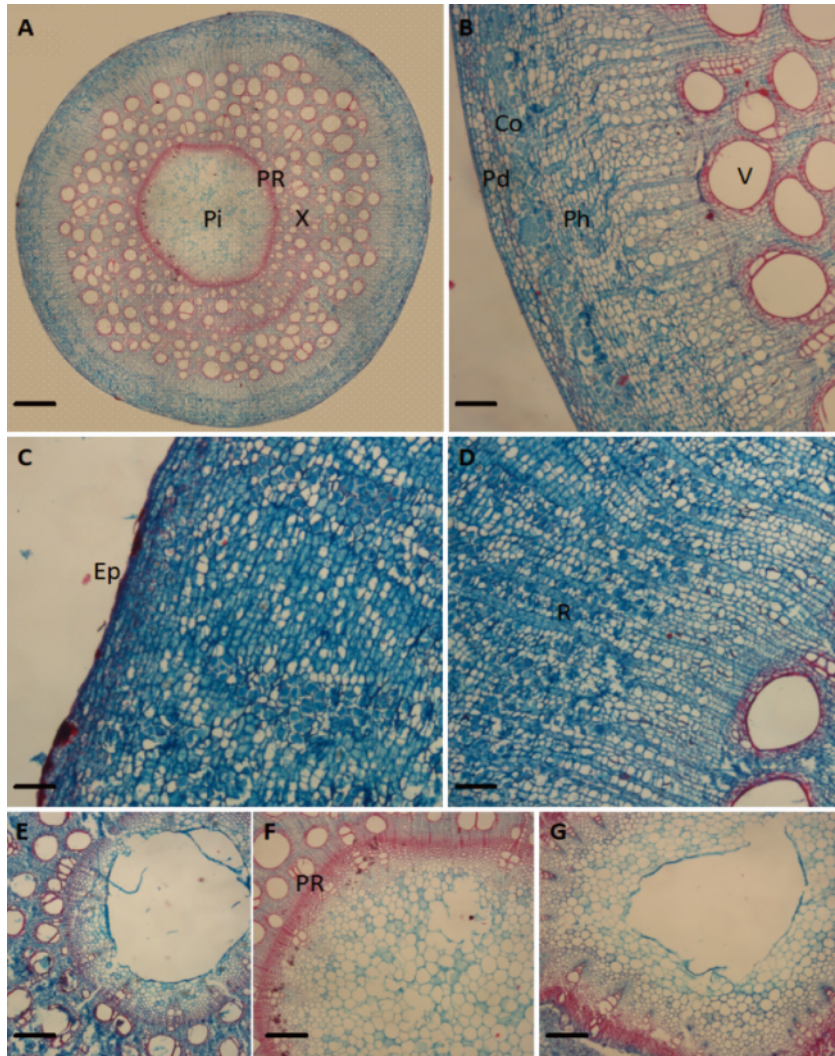


图2 星油藤茎的形态结构

A ~ B: 中茎横切; C ~ D: 老茎横切; E ~ G: 不同生长时期茎髓部的变化情况, E: 幼茎, F: 中茎, G: 老茎; Co: 皮层; Ep: 表皮层; Pi: 髓; Ph: 韧皮部; Pd: 周皮; PR: 环髓区; X: 木质部; V: 导管; R: 射线。标尺: A ~ G = 100 μm

Fig. 2 Morphology and structure of the stems of *Plukenetia volubilis*

A ~ B: Cross section of the middle part of a stem; C ~ D: Cross section of an older stem; E ~ G: Changes of pith of the stem at different growth stages; E: Young stem; F: Middle part of the stem; G: Older stems; Co: Cortex; EP: Epidermis; Pi: Pith; Ph: Phloem; Pd: Periderm; PR: Pith ring; X: Xylem; V: Vessel; R: Ray. Bar: A ~ G = 100 μm

2.3 叶的形态结构 星油藤叶片形状为心型,其表面不光滑,有褶皱,且星油藤的叶片两面受光照情况不同,叶的近轴面颜色深,为深绿色,远轴面颜色浅,为浅绿色,其叶片为异面叶。星油藤一般从种子萌芽开始计算,到其第1片叶片展开需要5~10 d的时间;叶片的大小与其着生的部位、种植地达到土壤水肥条件等因素关系紧密,一般来说,叶片的竖径约为5~15 cm,大多数在10 cm左右,其竖径大于横径。从图3可知,星油藤的叶片由表皮、叶肉、叶脉3部分构成。表皮覆盖了整个叶片,与一般性植物一样,有上表皮和下

表皮之分。在星油藤叶片横切面上,表皮细胞形状规则,排列紧密,细胞间没有间隙,细胞形状为扁矩形,而且表皮细胞和其他细胞相比,其外切向壁较厚。在星油藤的上表皮中分布有气孔器,气孔器是植物与外界进行气体交换的门户,又是水分蒸腾的通道。在上、下表皮层以内的部分是叶肉,可以清楚地观察到栅栏组织,栅栏组织是位于上表皮下面的一层细胞,细胞形状为长柱形,垂直于叶片表面排列,十分紧密,如栅栏状。在栅栏组织的下方,靠近下表皮层的叶肉细胞排列疏松,形状不规则,细胞间有间隙,这就是通常所说的海绵组织,海绵组织中有大个细胞间杂其中。星油藤的叶片两面受光照情况不同,故其内部结构也有所差异。可以看到叶的近轴面颜色深,为深绿色,远轴面颜色浅,为浅绿色,其叶片为异面叶,这种情况也与海绵组织和栅栏组织在叶片中的分布有关。由图3可以看到,在靠近主叶脉区域,机械组织分布于上表皮和下表皮之间,呈圆弧状凸起。维管束位于机械组织中央,被机械组织所包围。星油藤和其他大多数双子叶植物不同,在叶的横切片中,可以观察到叶片主脉中含有两层维管组织,而且靠近叶背面的一层维管束较发达,整体叶片支脉少,少见支脉维管束。通过比较星油藤幼叶、中叶、老叶横切面切片,可以看到在老叶中维管组织更加庞大,叶背部的机械组织发达,这也就是叶背面拱起的原因。成熟的老叶两层维管束相对于幼叶和中叶变化明显,可以清楚地观察到木质部和韧皮部。木质部位于叶片的近轴面,韧皮部位于远轴面。从幼叶到中叶再到老叶,随着叶片的发育成熟,其维管组织也在逐步发育。

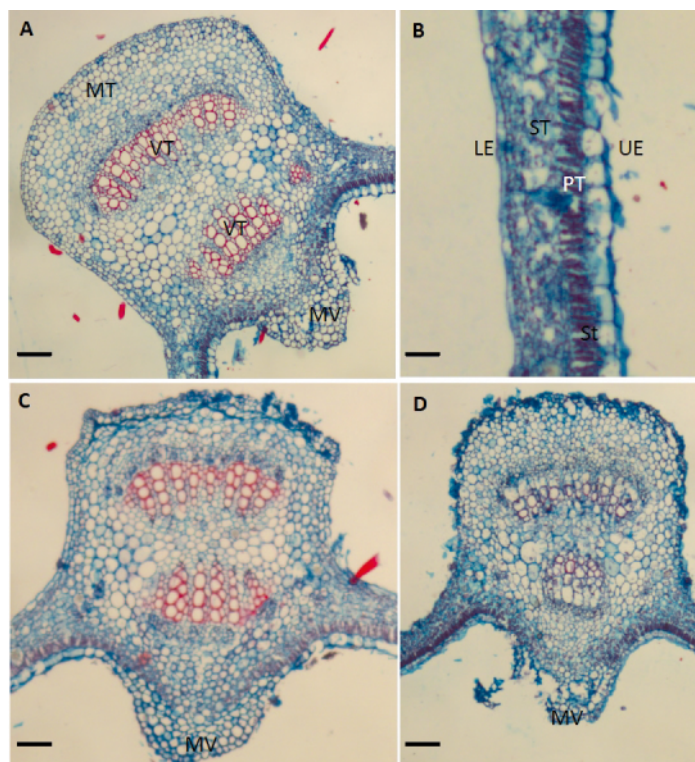


图3 星油藤叶片的形态结构

A: 老叶的横切面; B: 叶片局部; C: 中叶横切; D: 幼叶横切; UE: 上表皮; LE: 下表皮; PT: 栅栏薄壁组织; ST: 海绵薄壁组织; St: 气孔; VT: 维管组织; MV: 主脉; MT: 机械组织。标尺: A ~ D = 100 μm

Fig. 3 Morphology and structure of the leaves of *Plukenetia volubilis*

A: Cross section of an older leaf; B: Partial leaf; C: Cross section of a middle leaf; D: Cross section of a young leaf; UE: Upper epidermis; LE: Lower epidermis; PT: Palisade tissue; ST: Sponge tissue; St: Stomata; VT: Vascular tissue; MV: Main vein; MT: Mechanical tissue. Bar: A - D = 100 μm

3 讨 论

植物生长的过程中,其各个器官的形态结构与植物的生理功能和所处的生长环境密切相关,并与环境的变化相适应,受长期外界各个生态因素的影响。植物的叶片在形态结构上的变异性最大,可塑性也是最强的,也就是说叶片能很好地反映植物周边生态条件的变化。星油藤的原始生长地是南美洲的热带雨林,现主要分布在热带地区。从星油藤的组织切片中可以观察到,其叶片中表皮毛观察不明显,栅栏组织

只有一层维管束较发达,这些因素限定了星油藤的分布范围。本试验通过对星油藤的各组织进行分析,了解其内部结构,为进一步研究其结构与生长环境的关系等方面奠定基础。在显微观察的过程中,笔者发现,星油藤茎部结构,从幼茎到中茎再到老茎,在不同的生长发育阶段,髓部的情况有所不同。幼茎和老茎中,其髓部中空,而在中茎的切片中,观察到髓部中央充满薄壁细胞。这种生长现象还有待于进一步研究其细胞的分化形成机理。在星油藤生长一段时间之后,根茎中间极易感染,本实验已经证明,在根茎生长后期形成中空现象,因此,后续的实验将研究中空是否会造成植株感染,为将来星油藤大规模推广种植提供理论和科学依据。在对叶片切片进行纤维观察时,笔者发现,星油藤叶脉部分的2层维管组织,其发达程度不同,植株维管组织在植物体内疏导水分和营养物质,并具有一定的支持功能。具体哪一层维管组织控制叶片的生长发育,哪一层维管组织控制花芽的生长发育,还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 于旭东,李奕佳,宋希强,等. 海南星油藤的种子生物学特性分析[J]. 热带生物学报, 2017, 8(2): 174-177.
- [2] 张皓. 美藤果油: 引起世界油料产品开发商的高度关注[J]. 中国科技产业, 2014(9): 30-30.
- [3] 黄超培,傅伟忠,彭亮,等. 印加果油急性毒性和致突变性研究[J]. 癌变畸变突变, 2012, 24(2): 148-150.
- [4] 蔡志全. 特种木本油料作物星油藤的研究进展[J]. 中国油脂, 2011, 36(10): 1-6.
- [5] 蔡志全,杨清,唐寿贤,等. 木本油料作物星油藤种子营养价值的评价[J]. 营养学报, 2011, 33(2): 193-195.
- [6] 李光友,徐建民. 星油藤蒴果及种子的性状变异研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2017, 25(3): 264-270.
- [7] 王榜琴,余文刚,孟千万,等. 植物生长调节剂对星油藤扦插生根的影响[J]. 热带生物学报, 2016, 7(1): 48-52.
- [8] 黄甫昭,吕仕洪,唐建维,等. 星油藤在桂西南石漠化地区的生长适应性[J]. 南方农业学报, 2017(10).
- [9] 张燕,龚德勇,刘清国,等. 星油藤在贵州低热河谷区适应性观测[J]. 农业研究与应用, 2012(6): 21-23.
- [10] 龚德勇,张燕,王晓敏,等. 特色保健油料植物星油藤引种栽培试验研究[J]. 江西农业学报, 2013, 25(10): 5-9.
- [11] 郭丽荣. 植物组织制片的研究方法[J]. 中学生物学, 2004, 20(2): 36-37.
- [12] 杨捷频. 常规石蜡切片方法的改良[J]. 生物学杂志, 2006, 23(1): 45-46.

Anatomical Structure of Vegetative Organs of *Plukenetia volubilis*

WANG Yarong¹, ZHANG Shixin², SONG Xiqiang¹, CAI Bo¹, CAI Zeping¹, YU Xudong¹

(1. Institute of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou, Hainan 570228; 2. Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences/ Ministry of Agriculture Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Rubber Tree/State Key Laboratory Incubation Base for Cultivation & Physiology of Tropical Crops-Hainan Key Laboratory of Cultivation and Physiology for Tropical Crops, Danzhou, Hainan 571737, China)

Abstract: A morphological observation of vegetative organs of *Plukenetia volubilis* L collected from Qicha Town, Changjiang County, Hainan Province was made by using paraffin section technique. The results show that the roots, stems and leaves of *P. volubilis* are similar to those of dicotyledonous plants. The xylem of the roots was well developed and composed of a lot of vessels. The vessels were different in diameter and distributed in a scattered and irregular way. The pericyclic cells at the periphery of the xylem were transformed into meristem to form a lateral root growth point which continued to form lateral roots. The lateral roots were numerous and well developed. The pith of the stem was obvious, and was composed of parenchyma cells in the young stem. The mature older stem was hollow in the center of the pith with an obvious pith ring, and the vessels in the stems were large and numerous. The leaves were heterofacial; their palisade tissues were small and long, and closely arranged; their spongy parenchyma tissues were loosely arranged with intercellular inclusions of large cells; there were two layers of vascular tissues in the main vein of the leaf, and the vascular tissues in the mature old leaves were huge; in the lower side of the leaf the mechanical tissues were well developed, and the secondary veins were fewer and seldom had vascular bundles.

Keywords: *Plukenetia volubilis* L.; vegetative organ; paraffin section; anatomical structure

(责任编辑: 潘学锋)