

掌叶覆盆子营养器官解剖结构及其特征分析

闫翠香^{1,2}, 邵小明¹, 丁新泉², 夏 昀³, 孙长清⁴, 刘朝辉⁴

(1. 生物多样性与有机农业北京市重点实验室, 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193; 2. 浙江农林大学 暨阳学院, 浙江 诸暨 311800; 3. 江西天海药业股份有限公司, 江西 德兴 334200; 4. 中国农业大学 生物学院, 北京 100193)

摘 要:以江西德兴掌叶覆盆子为试材, 采用光学显微镜及石蜡切片、徒手制片技术, 研究掌叶覆盆子不同发育时期的根、茎、叶营养器官的解剖结构特征, 探讨其结构特征与环境适应性关系。结果表明: 根的次生结构中次生木质部和木栓层发达, 有利于增加根系运输矿质养分和水分的能力, 保护其内部组织免受高温灼烧, 增强抗旱性。根的次生结构中产生大量木薄壁细胞、木射线和韧皮射线、韧皮部薄壁细胞, 成为营养物质贮存的场所, 为根上不定芽的发生、发育提供充足养分奠定了基础, 与其每年萌发新枝、2 年生枝结果然后死亡的生长特性相适应; 茎的次生结构中导管分子口径大, 数量多, 茎中央髓部大, 具有明显旱生形态特征; 叶为典型异面叶; 上表皮细胞整齐, 排列紧密, 气孔少见; 下表皮气孔器密度较大; 栅栏组织和海绵组织发达, 表现出阳生叶的结构。

关键词:掌叶覆盆子; 石蜡切片; 解剖结构; 环境适应性

中图分类号:S 665.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)20-0134-05

掌叶覆盆子(*Rubus chingii*)属蔷薇科(*Rosaceae*)悬钩子属(*Rubus* L.)落叶灌木, 是浆果类树种, 又名华东覆盆子, 地理标志保护名称德兴覆盆子。其未成熟的果实干燥后可以入药, 中药名“覆盆子”^[1], 其成熟果实营养丰富甘甜多汁, 是非常重要的蜜源和药用植物。掌叶覆盆子适应性强, 喜阳光怕暴晒、耐旱、耐贫瘠土壤, 但以土壤肥沃、保水保肥力强及排水良好的微酸性至中性砂壤土、红壤土和紫色土较好, 常野生于路边、灌木丛、疏林、山坡、林缘等地段^[2], 每年萌发新枝、2 年生枝结果然后死亡, 没有 2 年以上的枝条。近年来, 对掌叶覆盆子的药理药效化学成分^[3-5]和繁殖生物学^[2, 6-7]等进行了研究, 为我国掌叶覆盆子资源保护及可持续开发利用奠定了很好的基础, 但对其解剖结构及生态环境适应性却鲜有报道。该研究对不同发育时期掌叶覆盆子的根、茎、叶进行解剖观察, 并就其特征与环境适应性的关系进行分析, 揭示其适应环境的结构基础, 旨在为研究掌叶覆盆子生长发育、人工培植和综合利用奠定解剖学基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料取自江西省德兴市张村乡中药种植基地和中国农业大学实验室培养的掌叶覆盆子。取材部位为幼根、1 年生根、多年生根、幼茎、老茎和植株中部的成熟叶片。

1.2 试验方法

1.2.1 石蜡制片 取叶片中部主脉两侧各带 2 mm 宽叶片的长方形小块(长 0.7 cm, 宽 0.4 cm), 幼茎和幼根分别取自茎尖、根尖并分割为 0.5 cm 长的小段。叶片以 70% 的 FAA 固定, 幼茎和幼根以 50% 的 FAA 固定, 常规石蜡切片, 切片厚度 8~10 μm; 明显加粗的老茎和老根分割为 1.5 cm 小段, 在沸水中煮 20 min, 再投入甘油-酒精中软化 2 d, 用滑走切片机切片, 切片厚度 40 μm。番红-固绿双重染色, 加拿大树胶封片, Olympus-BX51 显微镜观察并拍照。

1.2.2 徒手制片 叶表皮采用刮片法、部分幼根通过徒手切片法获得材料, 制成临时制片, Olympus-BX51 显微镜观察并照相。

2 结果与分析

2.1 根的解剖结构

2.1.1 根的初生结构 根毛区横切可见根的初生结构, 自外而内依次为表皮、皮层、中柱(维管柱)(图 1-1)。表皮由单层细胞组成, 细胞小而排列紧密, 细

第一作者简介:闫翠香(1981-), 女, 博士研究生, 讲师, 研究方向为植物生态与植物资源。E-mail: yancx@zafu.edu.cn.

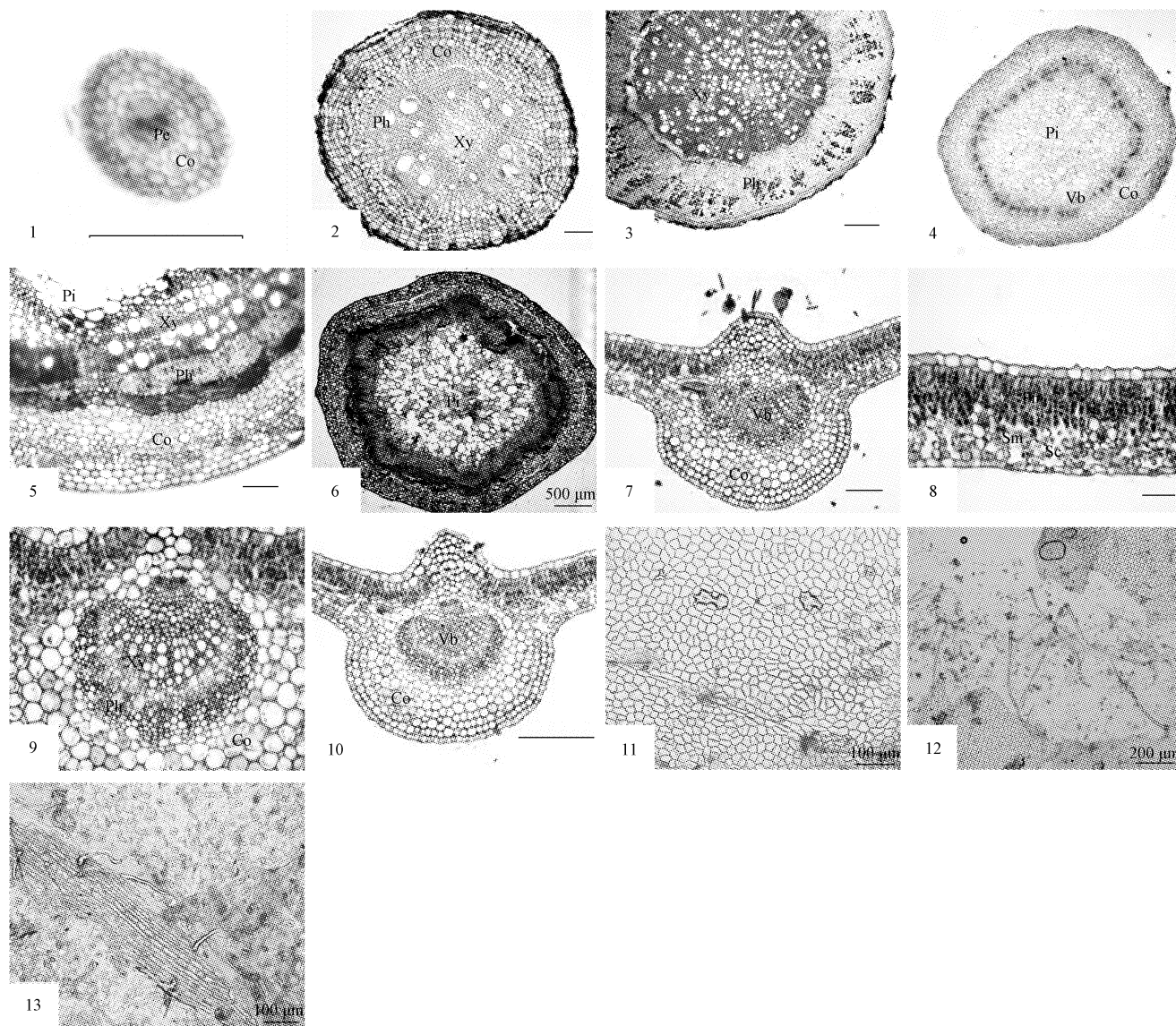
责任作者:刘朝辉(1969-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为植物发育解剖学。E-mail: zhaoh@cau.edu.cn.

基金项目:科技部富民强县资助项目(国科发农[2012]745 号); 浙江省教育厅资助项目(Y201432275)。

收稿日期:2015-05-26

胞壁薄,可见破损根毛。皮层位于表皮之内,由数层薄壁细胞组成,外皮层细胞排列紧密,皮层薄壁细胞较大,排列较疏松具胞间隙;内皮层细胞小而排列紧

密整齐,无细胞间隙。维管柱为内皮层以内的柱状部分,其内方输导组织刚开始分化,中央为二元型的初生木质部。



注:1. 幼根横切面,示初生结构;2. 一年生根横切面,示次生结构;3. 多年生根横切面,示次生射线和韧皮纤维;4. 幼茎横切面,示初生结构;5. 老茎横切面,示次生结构;6. 老茎横切,示次生结构;7. 叶片横切面,示表皮毛和腺毛的着生位置;8. 叶片横切面,示较大的孔下室;9. 叶脉外韧维管束横切面,示大弧形维管束和小弧形维管束相对排列;10. 叶片横切面,示外韧维管束;11. 叶上表皮,示无气孔;12. 叶片上表皮刮片,示叶脉着生表皮毛;13. 叶下表皮,气孔密度大,叶脉着生表皮毛。1、4、12. 标尺=200 μm ;2、5、7、10、11、13. 标尺=100 μm ;3、6. 标尺=500 μm ;8、9. 标尺=50 μm 。Co. 皮层;Pe. 中柱鞘;Ph. 韧皮部;Xy. 木质部;Pi. 髓;Vb. 维管束;Sm. 海绵组织;Sc. 气孔下室;Pm. 栅栏组织。

Note:1. Transverse section of radicle showing primary structure;2. Transverse section of one-year-old root showing secondary structure;3. Transverse section of perennial root showing secondary ray, bast fiber;4. Transverse section of juvenile stem showing primary structure;5. Transverse section of older stem showing secondary structure;6. Transverse section of older stem showing secondary structure;7. Transverse section of leaf showing epidermal hair, glandular hairs;8. Transverse section of leaf showing stoma;9. Transverse section of veins (collateral vascular bundle) in a leaf showing big and little arch shape vascular bundles;10. Transverse section of leaf showing collateral vascular bundle;11. Upper epidermis of leaf showing pore-free;12. Upper epidermis scraping slide of leaf showing epidermal hair;13. Under epidermis of leaf showing stoma, epidermal hair. 1, 4, 12. Ruler = 200 μm ;2, 5, 7, 10, 11, 13. Ruler = 100 μm ;3, 6. Ruler = 500 μm ;8, 9. Ruler = 50 μm . Co. Cortex; Pe. Pericycle; Ph. Phloem; Xy. Xylem; Pi. Pith; Vb. Vascular bundle; Sm. Spongy tissue; Sc. Stomatic chamber; Pm. Palisade tissue.

图1 掌叶覆盆子营养器官的结构解剖

Fig. 1 Anatomy of *Rubus chingii*

2.1.2 根的次生结构 观察不同发育时期的根次生结构,由内至外可见初生木质部、发达的次生木质部、次生韧皮部及周皮,周皮可辨木栓层、木栓形成层和栓内层,木栓层由几层扁平的长方形木栓细胞组成,其外是残存的颓废组织(图 1-2)。根次生生长过程中积累大量次生木质部,由导管、木薄壁细胞、木射线和木纤维等组成,导管数量多、口径大,呈分散排列,木纤维和木射线发达(图 1-3)。次生长后期积累的次生韧皮部量增加,较早形成的韧皮部(包括初生和次生韧皮部)成分多转化为韧皮纤维,为发达的韧皮射线分开。根的次生结构中次生木质部占据主体。

2.2 茎的解剖结构

茎近圆柱形,褐色或红褐色,顶部幼嫩部分具 5~6 条棱,疏生皮刺。

2.2.1 幼茎的初生结构 横切面观察可见其由表皮、皮层、维管束、髓、髓射线组成。表皮由一层长方形细胞组成,细胞排列紧密、整齐,被有较厚的角质层;表皮内侧不连续分布 3~4 层厚角组织细胞,细胞较小、略扁圆、不规则,其内是皮层,皮层薄壁细胞较大,形状不规则,排列疏松,有明显的胞间隙,皮层细胞具叶绿体,可进行光合作用(图 1-4);无限外韧维管束成环状排列,之间由狭窄的髓射线分隔,中央为大量薄壁细胞组成的髓占据。

2.2.2 老茎的次生结构 老茎的次生结构不发达,在原初生结构的基础上积累少量次生木质部和次生韧皮部,束间形成层活动主要产生次生射线(图 1-5、1-6)。次生木质部由导管、木纤维、木射线和木薄壁细胞等组成,导管分子口径大,数量多,在横切面上占有较大的比例,次生韧皮部由筛管、伴胞、韧皮薄壁细胞、韧皮射线和韧皮纤维组成,随着次生生长进行,次生韧皮部外部细胞逐渐转化为韧皮纤维(图 1-5)。茎中心髓部薄壁细胞体积增大,异细胞数量增加,近外缘细胞壁加厚。

2.3 叶的解剖结构

叶掌状 5 深裂,稀 3 裂或 7 裂,裂片卵状披针形,基部狭缩,顶生裂片比侧生裂片略长。小叶片的横切面可见其由表皮、叶肉和叶脉等 3 部分组成,叶片的结构属异面叶类型(图 1-7,图 1-10)。

表皮:位于叶片表面,临时制片观察叶表皮刮片,可见表面生有大量单细胞的表皮毛,且表皮毛集中分布于叶脉上方(图 1-12),上表皮细胞整齐,排列紧密,细胞壁厚,气孔器少见(图 1-11)。下表皮细胞不规则,气孔密度大(图 1-13)。从叶片横切面观察,叶片的上下表皮均由一层细胞组成(图 1-8),细胞排列紧密,细胞横切面多呈长方形,但上表皮细胞明显较大而厚,角质膜较发达。

横切面上可见保卫细胞与表皮细胞在同一水平面,孔下室较大(图 1-8)。

叶肉:明显分化为近上表皮的栅栏组织和近下表皮的的海绵组织,栅栏组织由 2~3 层垂直于表皮的柱状光合细胞组成,约占叶片厚的二分之一,细胞中含较多的叶绿体;海绵组织细胞排列疏松,细胞间隙大,细胞中的叶绿体较少。

叶脉:叶具网状脉序,主脉发达。叶片横切面可见主脉,近上下表皮处有发达的厚角组织,下表皮厚角组织内侧有大量薄壁细胞,主脉明显向下方突出。主脉处包含 1 个半月形的发达维管束,木质部靠近上表皮,其上方有小维管束(图 1-9)。叶片横切面上亦可见侧脉横切,小侧脉外具维管束鞘(图 1-8)。

3 结论与讨论

3.1 根对环境的适应性

掌叶覆盆子根的次生结构中次生木质部和木栓层发达,次生木质部占据主体。其发达的次生木质部中导管数量多且分散排列,较大的口径有利于水分运输,有利于增加根系运输矿质养分和水分的能力,这种结构加强其适应干旱土壤环境的能力^[8]。周皮中木栓层的细胞壁木质、栓质化,起到绝热隔水和耐酸作用,保护其内部组织免受高温灼烧,增强根的抗旱性^[9];根次生结构中纤维发达,发达的机械组织使根具有很好的强度和韧性,利于保护导管,保证水分运输的有效性和安全性^[10]。输导组织的高效性也是掌叶覆盆子避免水分胁迫的一种有效特性,使其适应干旱季节^[11]。覆盆子根的维管组织发达,在次生生长中其形成层细胞分化产生大量木薄壁细胞、木射线和韧皮射线、韧皮部薄壁细胞,成为营养物质贮存场所,这为掌叶覆盆子根上不定芽的发生、发育提供充足养分奠定了基础,与其每年萌发新枝、2 年生枝结果然后死亡的生长特性相适应。

3.2 茎对环境的适应性

掌叶覆盆子茎的表皮被有较厚的角质层,能降低蒸腾作用;幼茎皮层具有同化组织,有利于积累营养物质。老茎的次生结构中,木质部导管分子口径大,数量多,在横切面上占有较大的比例,使其具有发达的输导能力^[12-14],这与其 2 年生枝结果死亡后新枝的快速生长发育对水分和养分大量需求的特性相适应;茎皮层和髓部也较发达,而多数旱生植物具有发达的髓,发达的髓具有储水功能和贮藏能力,可以保护维管组织免受干旱^[13,15],可为掌叶覆盆子度过干旱等不良环境贮存充足的能量^[12,16-17],说明掌叶覆盆子的茎具有旱生形态特征。

掌叶覆盆子茎的结构特点可以使水分、养分能迅速

输导,并将营养物质贮存在宿根中,这是长期适应环境的结果,其生长于路边、灌木丛、疏林、山坡、林缘等地段,营养物质匮乏,为了保证能够获取足量的营养,也为了保证对每年新萌枝的支撑,根部必须贮存营养,这也是宿根生长迅速且被切断后的每一段都能发生新芽的结构基础。

3.3 叶对环境的适应性

掌叶覆盆子叶片上表皮细胞较厚,且排列紧密,气孔器少见,叶脉上方分布大量的表皮毛,能够反射阳光,可有效地保护植物免受强烈阳光的灼伤,减少叶片表面空气的流动,降低蒸腾作用,防止水分过度丧失,具有一定的耐旱性^[13,16,18-19]。下表皮气孔密度大,孔下室发达,利于快速进行气体交换和蒸腾作用,既保证了光合作用的正常进行,又可把热量散发掉,避免造成热害^[18];较大的孔下室还可造成较湿的小环境,从而能有效地抑制叶肉水分的过度蒸腾^[12,20]。叶片上下表皮的结构特征表明其明显具有适应一定干旱环境的能力。

叶片的叶肉组织分化明显,栅栏组织发达,约占叶片厚的二分之一,高度发育的栅栏组织,是旱生植物普遍具有的区别于中生植物的重要的旱性结构特征之一^[8,13,21],是植物对强光的适应性^[22],掌叶覆盆子叶的多层栅栏组织细胞可阻碍强辐射对叶肉的损伤,同时使其具有高的光合效率,可提高光合作用的有效积累。海绵组织细胞排列疏松,为叶片提供了重组的气体交换空间。叶片中发达的主脉有利于提高营养物质的输导效率,这保证了其能迅速为地下营养繁殖体(宿根)及地上生殖器官提供充足养分。以上特点皆表现为阳生叶的特征,反映出该物种对于旱和强光照射有一定的适应能力,因此掌叶覆盆子具有一定的耐旱性。

参考文献

- [1] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国药典(2010年版1部)[M]. 北京:中国医药科技出版社,2010:359.
- [2] 邹国辉,罗光明,孙长清,等. 掌叶覆盆子 GAP 栽培技术研究[J]. 现代中药研究与实践,2008,22(4):3-5.
- [3] HAN N, GU Y H, YE C, et al. Antithrombotic activity of fractions and components obtained from raspberry leaves (*Rubus chingii*)[J]. Food Chem, 2012, 132:181-185.
- [4] HUMMER K E. Rubus Pharmacology: Antiquity to the Present[J]. Hort Science, 2010, 45(11):1587-1591.
- [5] PATEL A V, ROJAS-VERA J, DACKE C G. Therapeutic constituents and actions of *Rubus* species[J]. Curr Med Chem, 2004, 11(11):1501-1512.
- [6] 邵小明,孙长清,祝天才,等. 掌叶覆盆子枝插繁殖的研究[J]. 广西植物, 2008, 28(6):816-818.
- [7] 孙长清,邵小明,祝天才,等. 掌叶覆盆子的根插繁殖[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(2):11-14.
- [8] 孔德鑫,李雁群,梁惠凌,等. 地枫皮营养器官解剖结构特征及其叶片结构的生态适应性[J]. 基因组学与应用生物学, 2012, 31(3):282-288.
- [9] 张海艳. 盐胁迫下不同棉花品种叶片细胞结构的变化[J]. 中国农学通报, 2009, 25(4):122-123.
- [10] 刘彩琴,赵猛,胡正海. 陕西4个漆树品种外部形态及次生韧皮部结构的比较[J]. 西北植物学报, 2010, 30(2):269-274.
- [11] 杜华栋,徐翠红,刘萍. 陕北黄土高原优势植物叶片解剖结构的生态适应性[J]. 西北植物学报, 2010, 30(2):293-300.
- [12] 田丽丽,马森. 类短命植物阿尔泰独尾草的解剖学研究[J]. 植物研究, 2013, 33(2):134-138.
- [13] 马虹,郑亚明,曹瑞,等. 濒危植物草芍药营养器官的解剖学研究[J]. 植物研究, 2009, 29(2):141-146.
- [14] 任艳萍,古松,江莎,等. 外来植物黄顶菊营养器官解剖特征及其生态适应性[J]. 生态学杂志, 2009, 28(7):1239-1244.
- [15] 黄振英,吴鸿,胡正海. 30种新疆沙生植物的结构及其对沙漠环境的适应[J]. 植物生态学报, 1997, 21(6):521-530.
- [16] 秦海燕,索志荣,刘文静,等. 丹参营养器官发育解剖学研究[J]. 西南科技大学学报, 2009, 24(1):108-113.
- [17] 初敬华,高晨光,朱秋广. 吉林省西部四种旱生植物茎和叶解剖构造的研究[J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2001, 21(1):58-60.
- [18] 朱栗琼,招礼军. 擎天树茎叶解剖结构及其环境适应性[J]. 中国农学通报, 2012, 28(1):98-102.
- [19] 胡云,燕玲,李红. 14种荒漠植物茎的解剖结构特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(1):202-208.
- [20] 王勋陵,马骥. 从旱生植物叶结构探讨其生态适应的多样性[J]. 生态学报, 1999, 19(6):787-792.
- [21] 张振师,薛智德,崔宏安,等. 延安地区3种灌木叶旱性结构的解剖研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(1):32-35.
- [22] MENDES M M, GAZARINI L C, RODRIGUES M L, et al. Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting mediterranean light environments effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations[J]. Environmental and Experimental Botany, 2001, 45:165-178.

Anatomical Structure Characters of Vegetative Organs of *Rubus chingii*

YAN Cuixiang^{1,2}, SHAO Xiaoming¹, DING Xinquan², XIA Yun³, SUN Changqing⁴, LIU Zhaohui⁴

(1. Beijing Key Laboratory of Biodiversity and Organic Farming, College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193; 2. Jiyang College, Zhejiang A & F University, Zhujia, Zhejiang 311800; 3. Jiangxi Tianhai Pharmaceutical Company, Dexing, Jiangxi 334200; 4. College of Biological Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193)

抗坏血酸对岩黄连愈伤组织褐化及抗氧化酶活性的影响

苏 江, 岑 忠 用, 奉 艳 兰, 简 志 超

(河池学院 化学与生物工程学院, 广西 宜州 546300)

摘 要:以岩黄连愈伤组织为试材,采用固体培养方法,研究不同浓度的抗坏血酸对岩黄连愈伤组织褐化及抗氧化酶活性的影响。结果表明:培养第 20 天添加抗坏血酸的各处理岩黄连愈伤组织的褐化率均低于对照,其中抗坏血酸浓度为 175 mg/L 的处理岩黄连愈伤组织的褐化率最低,其褐化率仅为 18.5%;在整个培养阶段,添加抗坏血酸的各处理岩黄连愈伤组织的抗氧化酶活性均比对照的高,在培养第 30 天各处理岩黄连愈伤组织的 POD 和 SOD 活性均为最高值,其中抗坏血酸浓度为 175 mg/L 的处理岩黄连愈伤组织的 POD 和 SOD 活性均为最高,分别达到 $35.24 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $162.79 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$;在培养第 20 天添加抗坏血酸的各处理 CAT 活性均为最大值,分别比对照高了 2.28、3.21、5.33、3.51 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

关键词:抗坏血酸;岩黄连;愈伤组织;褐化;抗氧化酶

中图分类号:S 567.5⁺2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)20-0138-05

愈伤组织是植物组织中常见的培养形态和再生植株的重要阶段,同时也是研究植物生长发育及分化机制的良好器官^[1]。但在培养过程中,愈伤组织常常发生褐化现象,从而抑制细胞中一些抗氧化酶的活性,影响细

胞的正常代谢,最终可导致组织的死亡。因此,缓解防止愈伤组织褐化的发生和发展,是植物组织培养中急需解决的重要问题。目前已有许多学者对植物组织培养中愈伤组织的褐化现象及抗氧化酶活性的变化进行了不同程度的研究。闫桂琴等^[2]对翅果油树愈伤组织诱导中褐化问题的研究表明,抗氧化剂维生素 C 和 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 能减轻翅果油树外植体和愈伤组织的褐化程度。郑超等^[3]研究发现,抗氧化剂维生素 C 和柠檬酸处理曼地亚红豆杉愈伤组织,能有效抑制总酚的积累,降低其褐化程度。常云霞等^[4]对大豆愈伤组织抗渗透胁迫的研究表明,培养基中添加抗坏血酸可以显著提高超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性,降低膜

第一作者简介:苏江(1980-),女,广西宁明人,硕士,讲师,现主要从事植物组织培养及生物技术等研究工作。E-mail:zhongyong20@163.com.

基金项目:广西教育厅科研资助项目(200911MS221);河池学院引进人才科研启动费资助项目(2010QS-N008);广西高校重点实验室桂西北特色资源研究与开发实验室资助项目(桂教科研[2006]6号)。

收稿日期:2015-05-25

Abstract: To better understand the environmental adaptability of *Rubus chingii* from Dexing, Jiangxi, the anatomical characters of its vegetative organs were studied with optical microscope, paraffin section, freehand section. The results showed that the secondary structure of the roots with developed secondary xylem and developed phellem layer were observed. The developed secondary xylem was helpful for adding the roots' ability to transport mineral nutrients and water. And the developed phellem layer could protect roots internal organization from heat injury to increase roots' drought tolerance. It was observed that there were lots of xylem parenchyma cells, wood rays, phloem rays and phloem parenchyma cells in the secondary structure of the roots where reserving nutrition substance. Vessel element was not only big diameter but also multiple quantity in the secondary structures of the stem; the developed pith was in the center of stem. Leaf was typical bifacial, the upper epidermal cells were neatly arranged closer; rare stomata were observed on upper epidermis. More stomata distributes under epidermal. There was developed palisade tissue and spongy tissue in leaf. The structure of the raspberry leaf showed the sun leaves.

Keywords: *Rubus chingii*; paraffin section; anatomical characters; environmental adaptability