



白 玫, 郑 萍, 李合英, 等. 苦檻蓝营养器官的结构特征与有效成分积累关系研究[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(6): 104-110.

苦檻蓝营养器官的结构特征与有效成分积累关系研究

白 玫^{1,2}, 郑 萍^{1,3}, 李合英¹, 吴 鸿^{1,2,4}

(1 华南农业大学, 亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室, 广东 广州 510642;
2 华南农业大学, 广东省兽用中药与天然药物工程技术研究中心, 广东 广州 510642;
3 中山大学 生命科学学院, 广东 广州 510275;
4 华南农业大学, 广东省森林植物种质创新与利用重点实验室, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】阐明苦檻蓝 *Mycporum bontioides* 营养器官的结构特征与其有效成分积累之间的关系, 为其有效成分的利用奠定理论基础。【方法】运用植物解剖学和组织化学定位方法研究苦檻蓝营养器官的解剖结构与主要有效成分的积累分布状态。【结果和结论】苦檻蓝营养器官茎和叶中含有分泌结构——分泌腔, 而根中无分泌腔存在。挥发油主要储存于茎和叶中的分泌腔, 周围的薄壁细胞也参与挥发油的合成, 根薄壁细胞中挥发油类物质不明显。黄酮类化合物在根、茎和叶中均有分布, 主要分布在各类组织的薄壁细胞中。鉴于苦檻蓝使用价值的不同, 综合判断茎、叶均可作为以黄酮类和挥发油为主要成分的植物源农药的原料采收, 根、茎和叶均可作为以黄酮类为主要成分的原料入药。

关键词:苦檻蓝; 挥发油; 黄酮类; 分泌腔
中图分类号:Q944; Q949; S718.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2015)06-0104-07

The relationship between structural characteristic and accumulation of medicinal component in vegetative organs of *Myoporum bontioides*

BAI Mei^{1,2}, ZHENG Ping^{1,3}, LI Heying¹, WU Hong^{1,2,4}

(1 State Key Laboratory of Conservation and Utilization of Subtropical Agro-bioresources, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 Guangdong Technology Research Center for Traditional Chinese Veterinary Medicine and Nature Medicine, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 3 College of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 4 Guangdong Key Laboratory for Innovative Development and Utilization of Forest Plant Germplasm, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】This study aimed to clarify the relationship between structural characteristic and accumulation of medicinal component in vegetative organs and establish a theoretical foundation for the effective utilization of *Myoporum bontioides*. 【Method】Plant anatomy and histochemical localization methods were used to study the anatomical structure and accumulation of the main effective components in vegetative organs of *M. bontioides*. 【Result and conclusion】There were secretory cavities in stems and leaves of *M. bontioides*, but not in roots. The essential oil was mainly stored in the secretory cavities of stems and leaves, and their surrounding parenchymal cells were involved in the synthesis of essential oil. However, oil was not obvious in roots. The flavonoids were mainly found in the parenchymal cells of roots, stems and leaves. According to their different value, stems and leaves could be used as flavonoids and

essential oil extraction for botanical pesticide, while roots, stems and leaves could be used for flavonoids extraction.

Key words: *Myoporum bontioides*; essential oil; flavonoids; secretory cavity

苦槛蓝 *Myoporum bontioides* 是苦槛蓝科 *Myoporaceae* 苦槛蓝属常绿灌木或乔木^[1]. 苦槛蓝属植物共约 32 种,主要分布于亚洲(如我国和日本)、大洋洲(如澳大利亚和新西兰)、太平洋的夏威夷群岛和印度洋的毛里求斯等地,我国只有苦槛蓝 1 种,产于广东、广西、福建和台湾的海边^[2]. 苦槛蓝属植物不仅具有防风固沙护堤和供庭园观赏的功效^[3],还具有重要的药用价值. 如民间用来治疗肺结核、头疼、风湿病、性病、溃疡和疱疹等,并用作强身健体药物^[2]. 特别是,近年来发现苦槛蓝提取物在趋避害虫方面具有较高的生物活性^[4-11],其有效活性成分主要是黄酮类和挥发油等物质^[12-14]. 苦槛蓝属植物挥发油含量高,主要成分是呋喃化倍半萜烯,它们对羊毛贮藏害虫有强烈的产卵忌避作用^[15],对切叶蚁具有良好的杀虫活性,对卫生害虫有忌避作用^[16],另外,沙漠苦槛蓝 *M. desertii* 所产生的硫蚁缩醛对蝗虫的侵犯有防御作用^[17]. 目前,苦槛蓝已作为重要的植物源绿色农药被使用和推广.

目前,生产上将根主要用以民间用药,叶的浸提物主要用以对昆虫的驱避作用^[2,18]. 为了探讨苦槛蓝各营养器官中有效成分的积累和分布情况,提高其不同部位开发利用的经济价值,本研究运用切片技术和组织化学定位方法对苦槛蓝营养器官的结构特征及其与有效成分的关系进行了研究. 结果显示,苦槛蓝营养器官中,茎和叶中含有丰富的分泌腔,并合成大量挥发油类物质,同时,各营养器官的薄壁细胞中均含有丰富的黄酮类物质. 这些结果对于苦槛蓝植物的保护和利用,尤其是科学合理地利用各器官以及根据有效成分质和量变化特点确定最佳原料采收期,具有重要的理论意义和实践价值.

1 材料与方法

1.1 供试材料

苦槛蓝根、茎和叶于 2013 年 3—5 月期间采自华南农业大学试验基地的苦槛蓝栽培植株(1~2 年生,中山大学廖文波教授鉴定).

1.2 方法

1.2.1 冰冻切片法 取苦槛蓝根、茎和叶,在温度为 -26 ℃ 的 Leica CM1900 冰冻切片机切片,厚度 30~50 μm,待组织化学染色使用.

1.2.2 石蜡切片法 取苦槛蓝根、茎和叶,分割成

3 mm×3 mm×5 mm 的小块,FAA 固定,系列酒精脱水,二甲苯透明,石蜡包埋,美国 AO 切片机切片(8~10 μm),番红-固绿对染,中性树胶封片,Leica DMLB 显微镜观察并拍照.

1.2.3 半薄切片法 取苦槛蓝根、茎和叶,分割成 0.5 mm×0.5 mm×1.0 mm 的小块,迅速放入体积分数为 4% 的戊二醛固定液(0.1 mol·L⁻¹ PBS 配置, pH 7.2)中,低温(4 ℃)固定 4 h, PBS 缓冲液清洗 3 次,0.01 mg·mL⁻¹ 锇酸固定 2 h, PBS 缓冲液清洗 3 次,系列乙醇脱水,环氧丙烷过渡, Epon812 环氧树脂包埋,40 ℃ 聚合 24 h, 60 ℃ 聚合 24 h, 修块, Leica RM2155 薄切片机切片(1~2 μm), 0.01 mg·mL⁻¹ 甲苯胺蓝染色或组织化学染色,中性树胶封片, Leica DMLB 显微镜观察并拍照.

1.2.4 超薄切片法 在半薄切片的基础上,选择需要观察的部位进一步修块,在 Leica UC6 超薄切片机切片,切片厚度为 60~90 nm,醋酸双氧铀和柠檬酸铅复染,在 Philip FEI-TECNAI12 透射电镜观察拍照.

1.2.5 组织化学染色 挥发油显色反应:取冰冻组织切片,苏丹Ⅲ染色, Leica DMLB 显微镜观察并拍照. PAS-苏丹黑 B 套染:半薄切片入体积分数为 0.5% 高碘酸 5 min 后冲洗, Schiff 试剂染色 30 min, 偏重亚硫酸钠洗液冲洗;上述切片放入体积分数为 70% 乙醇 1 min 后,再放入 60 ℃ 苏丹黑 B 饱和液染色 30 min,干燥封片. 黄酮类物质显色反应:取冰冻组织切片, 0.01 mg·mL⁻¹ 醋酸镁甲醇溶液染色, Leica DMLB 荧光显微镜的蓝色激发光为激发光源观察黄酮类物质发出的荧光并照相,阴性对照先用甲醇提取后再进行显色拍照.

2 结果与分析

2.1 苦槛蓝营养器官的解剖结构特征

2.1.1 茎 苦槛蓝 1~2 年生茎的结构由外到内由周皮、皮层、次生维管组织和髓组成(图 1a). 周皮为数层排列整齐呈长方形的细胞组成,其中最外面为多层木栓层细胞,细胞壁栓质化(图 1b);其内为木栓形成层和栓内层组成. 周皮内方为皮层(图 1b),由薄壁细胞组成,细胞近圆形,细胞内含有丰富的内含物. 在皮层中有分泌腔分布,分泌腔一般由 1~2 层扁平切向延长的上皮细胞围绕成腔道,上皮细胞细胞质浓厚,外围由 3~5 层更为扁平的鞘细胞包

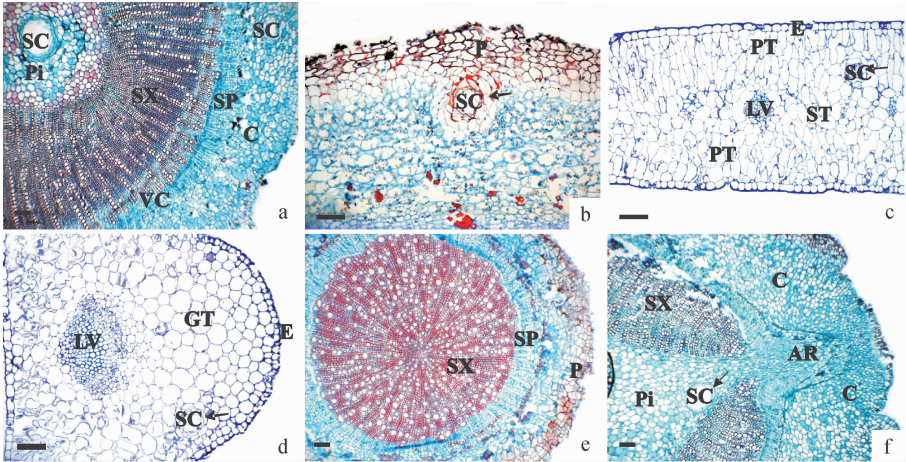
围,液泡化程度较上皮细胞高(图 1b). 次生维管组织由次生韧皮部、维管形成层和次生木质部组成(图 1a). 次生韧皮部中有少量分泌腔分布. 茎中央的髓部较发达,由大量薄壁细胞构成,其中也有分泌腔的分布(图 1a),其内的分泌腔孔径较大,鞘细胞层数较多.

2.1.2 叶 苦槛蓝的叶由叶片和叶柄 2 部分组成,其叶片为等面叶. 由图 1c 可见,叶片由表皮、叶肉和叶脉构成. 上、下表皮均由 1 层细胞构成,细胞多为长方型,排列整齐,均有气孔分布. 叶肉发达,分化明显,由栅栏组织和海绵组织构成. 近轴面和远轴面栅栏组织分别由 2~3 层和 1~2 层排列整齐的长柱形细胞组成,胞间隙不发达;海绵组织位于叶肉中央,由 3~5 层形状不规则,排列相对疏松的细胞构成,胞间隙较发达. 叶肉组织中分布有分泌腔(图 1c). 叶脉为网状脉,主脉(图 1d)由表皮、薄壁组织和维

管束组成. 表皮细胞近等径略呈圆形,薄壁组织细胞近圆形,分布在维管束上、下方,有胞间隙,几乎不含叶绿体,在薄壁组织中也有分泌腔分布(图 1d). 维管束类型为外韧维管束,韧皮部近上表皮,其中韧皮薄壁组织中有分泌腔的分布. 叶柄结构类似于叶片的主脉结构(照片未显示).

2.1.3 根 1 年生苦槛蓝的根从外到内由周皮和次生维管组织组成(图 1e). 周皮结构类似于茎的周皮,但其起源于中柱鞘薄壁细胞. 次生维管组织包括次生韧皮部、维管形成层和次生木质部. 其中,次生韧皮部发达,约占根横切面积的 1/5,细胞排列整齐. 维管形成层呈环状,由 3~5 层细胞构成,细胞呈长方型,排列整齐. 根中无分泌腔形成(图 1e).

苦槛蓝茎在匍匐的时候可以产生不定根,不定根主要起源于茎的髓射线薄壁细胞(图 1f),产生的根的结构类似于苦槛蓝的主根.



a、b: 茎; c: 叶片; d: 叶中脉; e: 根; f: 茎. C: 皮层; E: 表皮; GT: 薄壁组织; P: 周皮; PI: 髓; SP: 次生韧皮部; SX: 次生木质部; VC: 维管形成层; SC: 分泌腔; AR: 不定根; PT: 栅栏组织; ST: 海绵组织; LV: 叶脉; Bar = 100 μm.

图 1 苦槛蓝营养器官横切面解剖结构的光学显微照片

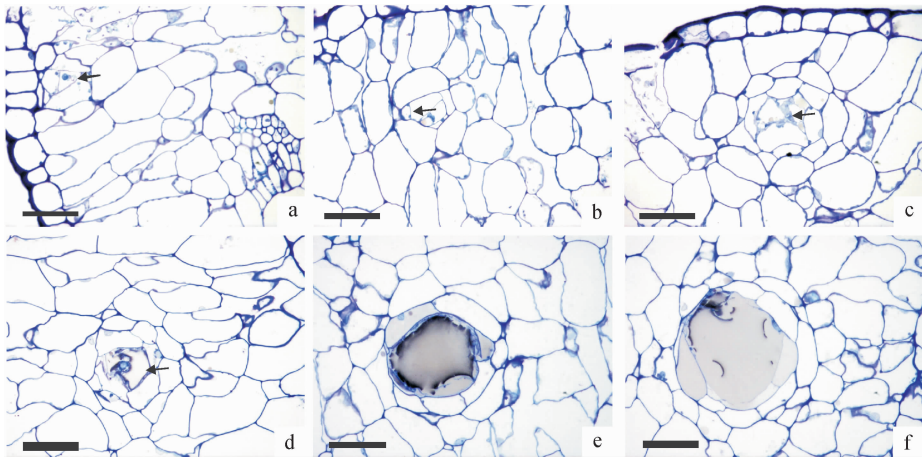
Fig. 1 Light micrographs of vegetative organs of *Myoporum bontioides*

2.2 茎和叶中分泌腔的结构发育特征

以苦槛蓝的茎和叶为观察对象,观察苦槛蓝茎和叶中分泌腔的发育过程. 茎的皮层、韧皮薄壁组织和髓中,以及叶的主脉薄壁组织和叶肉中可观察到分泌腔的分布(图 1a~1d,1f). 在叶片发育过程中,位于叶表皮细胞附近,分化出一团与周围的组织细胞形态明显不同的细胞群,其体积更小,细胞质较浓厚,此即为分泌腔的原始细胞团(图 2a,图 3a);随着分泌腔的发育,这些细胞陆续进行垂周和平周分裂,使细胞的数量和层数增加,进一步分裂形成外围的几层鞘细胞层,包裹着中央上皮细胞,并且上皮细胞之间开始形成明显的裂隙,此为分泌腔的胞间隙形成阶段(图 2b,2c). 电镜下观察发现中央上皮细胞

呈多边形,细胞核大且圆形,原生质浓厚,有少量小液泡,细胞内细胞器丰富(图 3b). 随着分泌腔的进一步发育,中央的几个相邻的上皮细胞之间的胞间隙开始膨胀,溶解,形成裂隙,此时的上皮细胞开始液泡化(图 3c);随后,上皮细胞迅速向四周移动,分泌腔增大,其内贮藏有挥发油,同时,外层鞘细胞继续切向伸长,为上皮细胞向外移动提供了空间,上皮细胞液泡化程度加大,此为腔隙扩大阶段(图 2d,2e). 电镜下,上皮细胞呈切向排列,细胞质浓厚,染色较深,质体和液泡内积累黑色嗜钨物质(图 3d,3e). 随后,上皮细胞不断向质膜外释放大量的灰色嗜钨物质,积累于壁膜之间,细胞壁也不断向腔内释放大量絮状的嗜钨物质(图 3e,3f);随着分泌腔的发

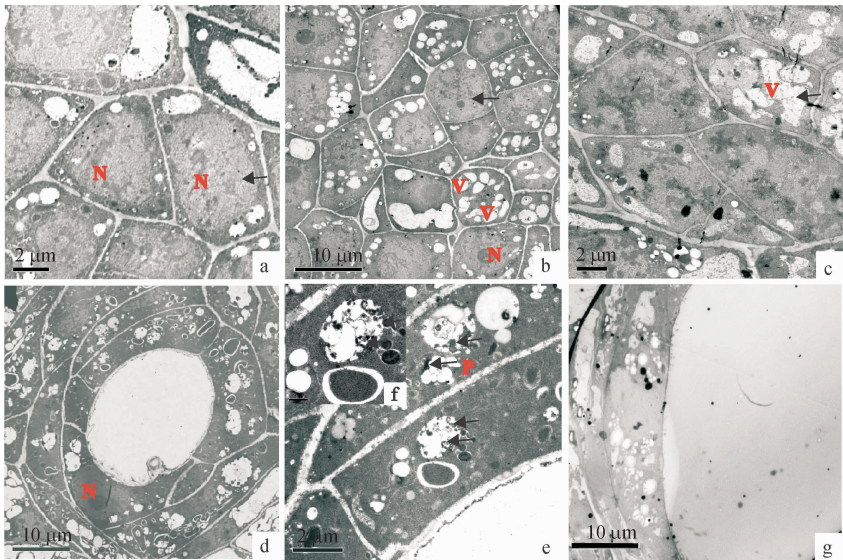
育,鞘细胞和上皮细胞不再切向伸长,腔隙达到最大直径,此为分泌腔的成熟阶段(图 2f),此时,分泌腔内充满了大量被钼酸染成灰黑色的挥发油物质(图 3g).成熟的分泌腔由 4~6 个切向延长的扁长型上皮细胞包围着近圆形的分泌腔道,其外围由 2~3 层形状与上皮细胞相似的鞘细胞共同组成.在分泌腔中有大量挥发油物质贮存(图 2f).



a: 分泌腔原始细胞团阶段,细胞体积小,细胞质浓厚(箭头); b、c: 胞间隙形成阶段,其中, b 示分泌腔中央细胞进行垂周和平周分裂(箭头), c 示上皮细胞之间形成裂隙(箭头); d、e: 腔隙扩大阶段,其中, d 示上皮细胞向四周移动,分泌腔扩大,其内贮藏有挥发油(箭头), e 示腔隙继续扩大,贮藏更为丰富的挥发油; f: 分泌腔成熟阶段,分泌腔不再增大,其内充满大量的挥发油; Bar = 50 μm.

图 2 苦檻蓝叶片横切面解剖结构的的光学显微照片

Fig. 2 Light micrographs of leaves of *Myoporum bontioides*



a: 分泌腔原始细胞团阶段,原始细胞核大,质浓厚(箭头); b、c: 胞间隙形成阶段,其中 b 示中央上皮细胞核大,质浓厚(箭头),开始出现小泡, c 示中央上皮细胞,细胞壁膨胀,细胞明显液泡化(箭头); d、e: 腔隙扩大阶段,其中, d 示分泌腔腔隙明显,上皮细胞细胞质较浓厚, e 示上皮细胞细胞质中的液泡和质体内积累黑色嗜钼物质(箭头); f 为 e 图的局部放大,上皮细胞原生质体向腔内释放絮状的嗜钼物质(箭头); g: 分泌腔成熟阶段,整个分泌腔内充满灰色嗜钼物质; P: 质体; V: 液泡; N: 细胞核.

图 3 苦檻蓝叶芽横切面解剖结构的电子显微照片

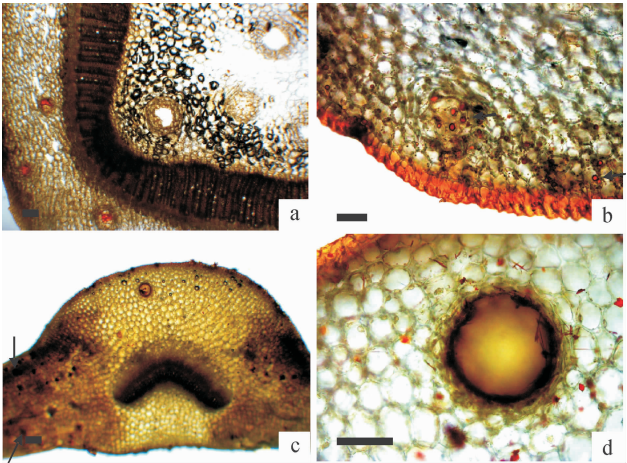
Fig. 3 Transmission electron micrographs of vegetative organs of *Myoporum bontioides*

2.3 主要有效成分在营养器官中的组织化学定位

2.3.1 挥发油在营养器官中的组织化学定位 挥发油能与苏丹Ⅲ发生反应,呈现出橙红色.根据苦檻蓝营养器官的解剖结构,对其中的挥发油所做的组

织化学定位研究表明,不同营养器官中挥发油的分布情况不同:在根中,仅有周皮呈淡红色,其他组织不显色(图片未显示);在茎中,周皮以及分布在皮层和髓中的分泌腔均被染成橙红色(图 4a),皮层和次

生韧皮部的薄壁细胞中有染成橙红色的液滴,其余组织不显色(图4b);在叶中,表皮细胞和整个叶肉组织细胞包括海绵组织和栅栏组织中都含有挥发油,均被染成橙红色,主脉的薄壁组织和维管束韧皮部中的分泌腔被染成橙红色,薄壁细胞内有橙红色的液滴,其他叶脉不显色(图4c,4d).

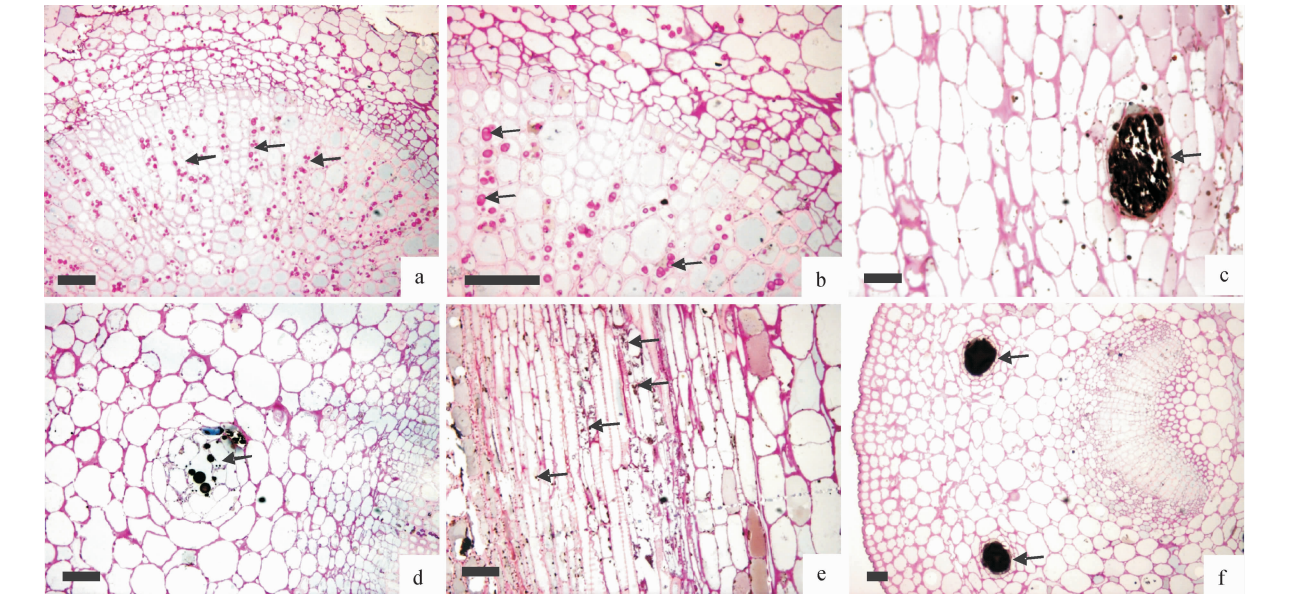


a: 茎横切面,示皮层和髓中的分泌腔呈橙红色; b: 茎横切面,示周皮、皮层薄壁细胞和分泌腔中橙红色液滴; c、d: 叶主脉横切面,示主脉薄壁组织和部分叶片(箭头)中分泌腔呈橙红色; Bar = 100 μm.

图4 苦檻蓝营养器官组织化学定位的光学显微照片
Fig. 4 Light micrographs of histochemical localization of *Myoporum bontioides* vegetative organs

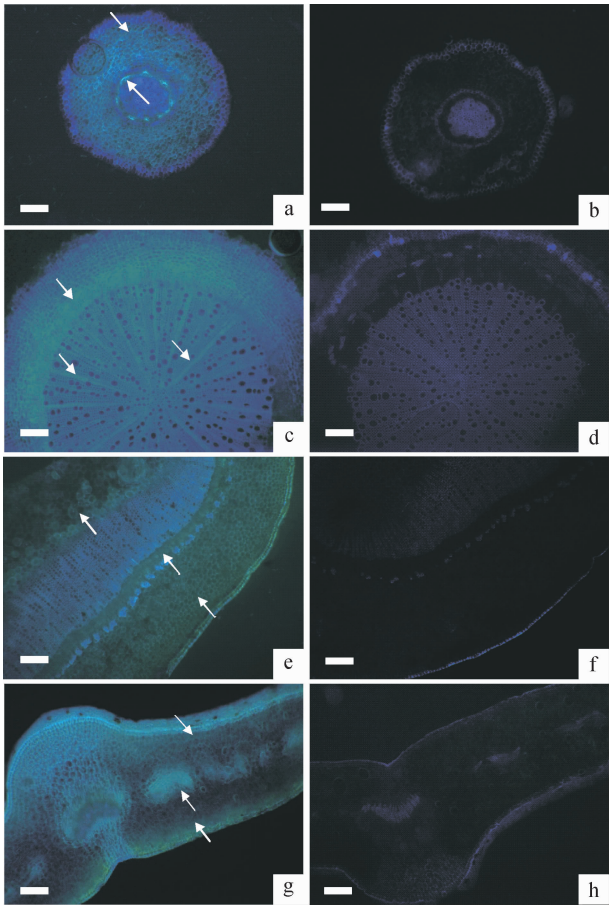
运用PAS-苏丹黑B套染的方法进一步确定了营养器官中挥发油的存在部位. 研究表明:在根中,韧皮部和木质部薄壁细胞中含有丰富的红色的多糖颗粒,而黑色的脂滴很少(图5a,5b);在茎中,皮层和髓的分泌腔中含有丰富的黑色脂滴(图5c,5d),皮层和维管薄壁组织细胞中均含有黑色的脂滴,在韧皮部筛管中也分布了较为丰富的黑色脂滴(图5c~5e),而整个茎中的红色多糖颗粒并不明显;在叶中,黑色脂滴的分布与红色多糖颗粒的分布类似于茎中,在分泌腔及各薄壁组织中含有较为丰富的黑色脂滴,而红色多糖颗粒不明显(图5f).

2.3.2 黄酮类化合物在营养器官中的组织化学定位 黄酮类化合物经醋酸镁甲醇溶液染色,在紫外光下可产生蓝绿色荧光^[19]. 对黄酮类化合物所做的组织化学定位研究表明,不同的营养器官中,黄酮类化合物的分布和积累情况不同:在幼根中,皮层和初生韧皮部都显示较强的荧光信号(图6a),在老根中,周皮内侧次生韧皮部薄壁细胞中以及次生木质部射线组织中都显示较强的荧光信号(图6c);在茎中,皮层、次生维管组织中的薄壁细胞和髓部都有荧光信号(图6e);在叶中,仅栅栏组织细胞显示较强的荧光信号(图6g),而用甲醇提取之后的对照中无荧光信号(图6b、6d、6f、6h).



a、b: 根横切面,示次生木质部中被染成红色的多糖颗粒(箭头); c: 茎皮层横切面,示皮层中分泌腔及周围薄壁细胞中丰富的黑色脂类物质(箭头); d: 茎髓部横切面,示髓部分泌腔中丰富的黑色脂类物质(箭头); e: 茎维管组织纵切面,示次生韧皮部细胞和木薄壁细胞中丰富的黑色脂类物质(箭头); f: 叶主脉横切面,示薄壁组织分泌腔中丰富的黑色脂类物质(箭头); Bar = 50 μm.

图5 苦檻蓝营养器官组织化学定位的光学显微照片
Fig. 5 Light micrographs of histochemical localization of *Myoporum bontioides* vegetative organs



a,b: 幼根横切面,其中 a 示根的初生结构中皮层和初生韧皮部细胞发蓝绿色荧光(箭头); c,d: 老根横切面,其中 c 示根次生结构中次生韧皮部和木射线细胞发蓝绿色荧光(箭头); e,f: 茎横切面,其中 e 示茎次生结构中皮层、次生韧皮部和髓部细胞发蓝绿色荧光(箭头); g,h: 叶横切面,其中 g 示叶肉栅栏组织细胞和叶脉维管束韧皮部细胞发蓝绿色荧光(箭头); b,d,f,h: 为甲醇提取后再显色的对照; Bar = 200 μm.

图6 苦槛蓝营养器官组织化学定位的光学显微照片
Fig. 6 Light micrographs of histochemical localization of *Myoporum bontiodes* vegetative organs

3 讨论

3.1 苦槛蓝植物分泌腔是合成和储存挥发油的主要场所

分泌腔是许多植物器官具有的内分泌结构^[20],可合成挥发油类物质.挥发油大多具有理气、止痛、抑菌等功能^[21-24].另外,Gershenzon 等^[25]认为,分泌结构中的挥发油成分对一些昆虫和动物有毒害作用,可以抑制其取食.苦槛蓝属植物挥发油含量高^[15],对蝗虫^[17]、切叶蚁^[16]、羊毛贮藏害虫^[15]和一些卫生害虫^[16]等有强烈的忌避和防御作用.本研究表明,苦槛蓝营养器官的茎和叶中分化出特殊的分泌结构——分泌腔,丰富的挥发油类物质主要储存于分泌腔中.这些挥发油是由分泌腔的上皮细胞和

鞘细胞合成,当分泌腔成熟时,挥发油分泌至腔道中贮藏.因此认为,苦槛蓝茎和叶通过在靠近茎周皮及叶表皮分布的分泌腔产生挥发油物质可有效地抑制外来昆虫和动物的危害.另外,在苦槛蓝根中并未形成任何分泌腔结构,因此,也没有挥发油物质的合成.但研究中发现,在根中含有丰富的淀粉粒多糖物质,推测多糖是其根的主要营养储存物质,可为其根的生长和发育提供相应的前体物质.

3.2 苦槛蓝各营养器官中均有黄酮类物质的分布

苦槛蓝的主要有效活性成分是黄酮类和挥发油等物质^[12-14].其中,黄酮类化合物是一类以苯色酮环为基础的酚类化合物,具有消除氧自由基、抗氧化、抗过敏、抗炎、抗菌、抗突变、抗肿瘤、保肝、保护心脑血管系统和抗病毒及杀虫等广谱的生理活性^[2,13,17-18].对苦槛蓝营养器官中黄酮类化合物的组织化学研究表明,根、茎和叶中均含有黄酮类化合物.在幼根中,主要分布于皮层和初生韧皮部中,老根中,主要分布于次生维管组织的薄壁组织细胞中;在茎中,主要分布于皮层、次生维管组织中的薄壁细胞和髓部;在叶中,主要分布于叶肉组织的栅栏组织细胞中.根据显色剂荧光显色强弱发现,在幼根和叶中的显色最强,老根与茎中的显色强度相当.因此,可以判断在叶和幼根中的黄酮类化合物含量最高.

3.3 苦槛蓝各营养器官的药用经济价值评价

苦槛蓝为常绿灌木或乔木,其茎秆可直立生长亦可匍匐生长,匍匐生长茎在其节处可生出不定根.苦槛蓝其传统的民间药用部位为根^[2,18],有效成分主要是黄酮类物质.通过本研究发现,其根、茎和叶中均含有丰富的黄酮类化合物,具有很高的药用价值,加之茎易产生不定根,且幼根中黄酮类化合物含量高,因此,苦槛蓝根、茎和叶均具有很好的药用开发价值.另外,近年来苦槛蓝叶被广泛用做提取植物源农药的植物原料,所利用的有效成分主要为苦槛蓝酮^[6],属于挥发油类.通过本研究也发现,其茎和叶中均含有分泌腔,其内储存丰富的挥发油,是挥发油合成和贮藏的主要部位.而组织化学鉴定发现根中几无挥发油.因此,苦槛蓝的茎和叶都可以作为植物源农药原料开发利用.

参考文献:

[1] SINGH U P, PRITHIVIRAJ B, WAGNER K G, et al. Effect of ajoene, a constituent of garlic (*Allium sativum*) on powdery mildew (*Erysiphe pisi*) of pea (*Pisum sativum*) [J]. J Plant Dis Prot, 1995, 102(4): 399-406.
[2] 汪开治. 苦槛蓝的开发利用[J]. 植物杂志, 1996(5): 13.

- [3] 池方河, 黄河, 吴日, 等. 苦槛蓝插条造林试验简报[J]. 浙江林业科技, 2005, 25(3): 18-22.
- [4] 钟国华, BASHARI A A, 胡美英. 苦槛蓝叶浸提物对几种害虫的生物活性的初步研究[J]. 热带作物学报, 1999, 20(4): 75-78.
- [5] 谷文祥, 何衍彪, 何庭玉, 等. 苦槛蓝提取物对小菜蛾的生物活性[J]. 应用生态学报, 2004, 15(7): 1171-1173.
- [6] 何庭玉, 谷文祥, 莫莉萍, 等. 苦槛蓝挥发油化学成分的研究[J]. 华南农业大学学报, 2005, 26(3): 114-116.
- [7] 何衍彪, 詹儒林, 赵艳龙. 苦槛蓝提取物对芒果炭疽菌和香蕉尖孢镰刀菌的抑制作用[J]. 广东农业科学, 2006, 34(6): 24.
- [8] SINGH U P, SRIVASTVA B P, SINGH K P, et al. Control of pea powdery mildew with pinger extract[J]. Indian Phytopathol, 1991, 44(1): 55-59.
- [9] BASHARI A A, 钟国华, 胡美英. 苦槛蓝抽提物对菜青虫生物活性的影响[J]. 华南农业大学学报, 1999, 20(3): 28-31.
- [10] WANG Q G, MA C L, ZHAI J J. Furanoeudesmane-B, a new eudesmane sesquiterpenoid from *Myoporum bontioides* [J]. Acta Cryst C, 2000, 56: 569.
- [11] DENG Y C, YANG Z, YU Y Z, et al. Inhibitory activity against plant pathogenic fungi of extracts from *Myoporum bontioides* A. Gray and indentification of active ingredients [J]. Pest Mgt Sci, 2008, 64(2): 203-207.
- [12] 李显珍, 李春远, 谷文祥, 等. 苦槛蓝挥发油中苦槛兰酮的分离、鉴定与生物活性[J]. 广东化工, 2010, 37(9): 9-10.
- [13] 李结雯, 蔡国贤, 何庭玉, 等. 苦槛蓝总黄酮含量测定及其提取工艺研究[J]. 广东化工, 2012, 39(7): 159-161.
- [14] 戴航, 黄立兰, 郭育晖, 等. 苦槛蓝叶中的黄酮类化合物[J]. 热带亚热带植物学报, 2013, 21(3): 266-272.
- [15] GERARD P J, RUF L D. Screening of plants and plant extracts for repellency to *Tinea dubiella*, a major New Zealand wool pest[C] // Proceedings of the forty-fourth New Zealand weed and pest control conference. Palmerston North, New Zealand: New Zealand Weed and Pest Control Society Inc., 1991: 205-208.
- [16] ROUSSIS V, TERRANCE D H. Total synthesis of dextro-myomontanone and dextro-10, 11-didehydromymontanone [J]. Liebigs Chem, 1992(5): 539-541.
- [17] GHISALBERTI E L. The phytochemistry of the myoporaceae[J]. Phytochemistry, 1993, 35(1): 7-33.
- [18] 何衍彪, 何庭玉, 谷文祥, 等. 苦槛蓝挥发油对小菜蛾的生物活性[J]. 应用生态学报, 2004, 15(1): 149-152.
- [19] 葛楚源, 陈文列, 李钻芳, 等. 草珊瑚植物叶、茎显微结构与黄酮组织化学定位研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(4): 438-441.
- [20] 胡正海. 植物分泌结构解剖学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2012: 8.
- [21] LIANG S J, WU H, LUN X, et al. Secretory cavity development and its relationship with the accumulation of essential oil in fruits of *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* (Noot.) Swingle [J]. J Integr Plant Biol, 2006(48): 573-583.
- [22] LIANG S J, WANG H, YANG M, et al. Sequential actions of pectinases and cellulases during secretory cavity formation in *Citrus* fruits[J]. Trees Struct Funct, 2009, 23(1): 19-27.
- [23] CHEN Y, WU H. Programmed cell death involved in the schizolysigenous formation of the secretory cavity in *Citrus sinensis* L. (Osbeck) [J]. Chinese Sci Bull, 2010(55): 2160-2168.
- [24] LIU P W, LIANG S J, YAO N, et al. Programmed cell death of secretory cavity cells in fruits of *Citrus grandis* cv. *Tomentosa* is associated with activation of caspase 3-like protease [J]. Trees Struct Funct, 2012, 26(6): 1821-1835.
- [25] GERSHENZON J, CROTEAU R, TERPENOID S, et al. Herbivores: Their interactions with secondary plant metabolites[M]. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1991: 165-219.

【责任编辑 李晓卉】