

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201909053

安鑫, 吴文如, 来慧丽, 等. 不同品种来源广藿香叶表皮毛特征比较分析 [J]. 广西植物, 2020, 40(7): 909-920.

AN X, WU WR, LAI HL, et al. Comparative analysis of leaf epidermal hair characteristics of *Pogostemon cablin* from different origins [J]. *Guihaia*, 2020, 40(7): 909-920.

## 不同品种来源广藿香叶表皮毛特征比较分析

安鑫<sup>1</sup>, 吴文如<sup>1\*</sup>, 来慧丽<sup>2</sup>, 黄玉瑜<sup>1</sup>, 吴小燕<sup>1</sup>, 陈镇舟<sup>1</sup>, 谭新宁<sup>1</sup>

(1. 广州中医药大学 中药学院, 广州 510006; 2. 广东食品药品职业学院, 广州 510000)

**摘要:** 叶表皮毛特征作为药用植物的“微性状”特征, 被越来越多地应用于植物学分类研究中, 表皮毛的生长发育状态可以直接影响药材的整体品质。广藿香主要含有挥发油成分, 叶表皮毛中的腺毛是其挥发油的主要合成分泌场所, 而非腺毛可以起到保护作用, 影响其长势和产量。为了探讨叶表皮毛特征在广藿香品种鉴别方面的意义, 该研究以 8 个不同品种来源以及 2 个采收期(6 月末和 10 月末)的广藿香的顶叶、第 4 对生叶及底叶为材料, 采用水合氯醛透化法制片, 于光学显微镜下观察拍照, 使用 Microsoft Excel 2019 统计数据, 采用 SPSS 23.0 统计学软件对叶表皮毛密度、腺毛直径进行方差分析、主成分分析和聚类分析。结果表明: 同一品种来源, 不同采收期的广藿香叶表皮毛密度有显著性差异, 6 月末采收的广藿香叶表皮毛密度显著低于 10 月末采收的; 根据叶表皮毛(非腺毛、头状腺毛、盾状腺毛)密度及腺毛直径, 可将相同采收期的 8 个不同品种来源广藿香分为 4 类, 且可以将已知品种来源的南香、肇香和牌香分开, 与传统分类结果有着很好的一致性。叶表皮毛密度和腺毛直径在广藿香的分类中具有一定的参考意义, 并为广藿香药材品质形成机制的研究提供参考。

**关键词:** 广藿香, 叶表皮毛, 显微特征, 分类, 采收期

中图分类号: Q945 文献标识码: A

文章编号: 1000-3142(2020)07-0909-12

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Comparative analysis of leaf epidermal hair characteristics of *Pogostemon cablin* from different origins

AN Xin<sup>1</sup>, WU Wenru<sup>1\*</sup>, LAI Huili<sup>2</sup>, HUANG Yuyu<sup>1</sup>,  
WU Xiaoyan<sup>1</sup>, CHEN Zhenzhou<sup>1</sup>, TAN Xinning<sup>1</sup>

(1. College of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China;

2. Guangdong Food and Drug Vocational College, Guangzhou 510000, China)

收稿日期: 2019-09-24

**基金项目:** 国家中医药管理局全国中药资源普查项目(GZY-KJS-2018-004); 全国中医药创新骨干人才培养项目(国中医药人教函[2019]128号); 广州中医药大学大学生创新创业训练计划项目(201810572172, 201910572161)[Supported by the Project of National Survey of Traditional Chinese Medicine Resources from National Administration of Traditional Chinese Medicine (GZY-KJS-2018-004); National TCM Innovation Talent Training Program (Chinese Medicine Practitioners Letter [2019]128); College Students' Innovation and Entrepreneurship Project of Guangzhou University of Chinese Medicine (201810572172, 201910572161)]。

**作者简介:** 安鑫(1994-), 女, 河北承德人, 硕士研究生, 研究方向为分子生药, (E-mail) 1019925361@qq.com。

\* **通信作者:** 吴文如, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事中药鉴定和分子生药研究, (Email) wuwenru@gzucm.edu.cn。

**Abstract:** The characteristics of traditional Chinese medicine are not only the appearance of the medicinal material, but also the external manifestation of its internal tissue structure and the chemical components. *Pogostemon cablin* is one of the top ten southern medicines which has high economic value. Generally, it is divided into four cultivation types and two chemical types according to the cultivation origin and the composition of volatile oil. However, the characteristics are very similar, and it is difficult to determine the classification of different cultivation varieties. Leaf epidermal hair characteristics as micro-morphology of medicinal plants, are increasingly used in botanical taxonomic research, and the growth and development of epidermal hair can even directly affect the quality of the medicinal material. The glandular hairs of *P. cablin* are the main synthetic and secretory site of its volatile oil, while the non-glandular hair can play a protective role, affecting its growth and yield. In order to explore the significance of leaf epidermal hairs characteristics in identifying *P. cablin* varieties, and to provide a reference for the research on the quality formation mechanism of *P. cablin*. This study was conducted on apical leaves, the fourth pair of leaves and bottom leaves of *P. cablin* from eight different varieties sources and two harvesting periods (end of June and end of October). The microscope slide was processed by chloral hydrate permeation, and photographed under an optical microscope. The results of variance analysis showed that there were significant differences in the hair density of the leaves of the *P. cablin* from the same variety in different harvesting time. The epidermal hair density of the *P. cablin* leaves harvested at the end of June was significantly lower than that of the end of October. The results of principal component analysis and cluster analysis were the same, the *P. cablin* of eight different origins of the same harvesting period can be divided into four categories according to the leaf epidermal hair density and the diameter size of glandular hair, and Nanxiang, Zhaoxiang and Paixiang can be separated, which was in good agreement with the traditional classification results. The epidermal hair density and the diameter size of glandular hair of leaves have some reference value in the classification of *P. cablin*.

**Key words:** *Pogostemon cablin*, leaf epidermal hair, microscopic characteristics, classification, harvesting period

广藿香 (*Pogostemon cablin*) 为唇形科刺蕊草属植物,以干燥地上部分入药,是著名的“十大南药”之一,具有芳香化浊、开胃止呕、发表解暑之功效,其提取物广藿香油还是医药和轻化工业的重要原料(曾庆钱等,2018)。广藿香原产于缅甸、马来西亚、柬埔寨等东南亚国家,宋朝传入我国(张英等,2015)。目前,在广东、广西、海南等省(区)均有栽培,一般分为“石牌”广藿香(牌香)、“高要”广藿香(肇香)、“湛江”广藿香(湛香)和“海南”广藿香(南香)四种栽培品种(罗集鹏等,2005)。根据挥发油组成及含量的差异,又可分为两种化学型,即广藿香酮型和广藿香醇型(罗集鹏等,2003)。其中,广藿香酮型多供药用,广藿香醇型常用于工业提取广藿香油(刘玉萍等,2002)。近年来,较高的经济效益促使广藿香引种及栽培地区逐渐增多,由于不同栽培品种性状往往非常相似,因此出现了品种来源混乱、化学型难以区分等问题。

“辨状论质”是中药鉴别之精髓。中药性状特征不仅是药材的外形特点,而且是药材内部组织

结构及其内含化学成分的外在表现。不同化学型的广藿香除了在外部形态及内部结构(冯承浩,2006)、挥发油组成及成分(罗集鹏等,2003)、基因型(张英等,2007)等方面有不同外,其表皮毛的特征,如表皮毛疏密程度(吴友根等,2011)等也有一定的差异。植物表皮毛,是由表皮细胞特化而成的毛状结构附属物,具有保护叶片、减少水分蒸发、分泌物质等作用(张继伟等,2018)。表皮毛特征(如大小、密度等)的差异,在植物的鉴定和分类中具有重要的指示作用(Atalay et al.,2016),在种间或种下等级被证实是一类有运用价值的分类特征(杨旭等,2016)。

广藿香的叶表皮毛包括非腺毛、头状腺毛和盾状腺毛(冯承浩等,2006)。叶表皮毛特征作为广藿香的“微性状”特征,表皮毛中的腺毛又是其挥发油合成和分泌的主要场所(冯承浩和吴鸿,2003),挥发油含量及成分决定了其化学型分类及品质。将广藿香表皮毛“微性状”特征和化学成分联系起来,有助于通过性状特征初步评价其品种

分类及品质,但目前未见广藿香表皮毛特征与品种分类及品质相关性的研究报道。因此,本研究基于广藿香叶表皮毛密度和腺毛直径这两个表皮毛特征,比较分析了不同品种来源及不同采收期广藿香的差异,应用于广藿香的分类,并将结果与传统分类方法相比较,以补充表皮毛特征这一植物表型在广藿香品种分类中的应用,以期广藿香品种分类提供新的思路与方法,为探讨广藿香品质形成的相关机制提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

于 2019 年 5 月至 6 月分别采集海南省和广东石牌、肇庆、湛江及广州近郊等地的广藿香植株叶片或全株,并于 10 月末采集广州近郊的广藿香植株叶片(表 1),经广州中医药大学吴文如副教授鉴定为广藿香(*Pogostemon cablin*)。叶片经变色硅胶干燥后,存放于广州中医药大学中药鉴定学实验室,全株种植于广州中医药大学时珍山药圃。

### 1.2 仪器

OLYMPUS BX51 光学显微镜及其附带的 Olympus DP70 数码照相系统(Olympus Corporation, 日本)。

### 1.3 研究方法

1.3.1 广藿香叶表皮毛显微特征观察 由于广藿香叶表皮的非腺毛、头状腺毛、盾状腺毛处于不同平面,因此无法在同一焦距下同时观察三种表皮毛,需要不断微调细准焦螺旋,观察不同平面的表皮毛。非腺毛处于最顶层,调节焦距至近表皮细胞处可观察到腺毛;盾状腺毛体积较大且在镜下较平展,可以在同一焦距下很清晰地观察和计数;但头状腺毛立体性较强,因此需要在观察过程中不断调节细准焦螺旋以看清其全貌。同一视野不同焦距下拍摄的图片可使用 Photoshop 的图片景深叠加功能,将其合成为一张完整的表皮毛特征计数图。

1.3.2 广藿香表皮毛密度的测量 取广藿香植株的顶叶、第 4 对生叶、底叶,剪取叶片中部沿叶脉对称位置的组织两块,每块组织大小约为  $1\text{ cm}^2$ ,分别用

于观察叶片上表面和下表面表皮毛密度。处理好的组织经水合氯醛加热透化法制成临时装片,置于光学显微镜下观察。每块组织选取三个视野,分别计数观察单位面积内的非腺毛、头状腺毛和盾状腺毛,取三个视野的平均值为最终观察值。表皮毛密度(个 $\cdot\text{mm}^2$ )=表皮毛个数/观察面积( $\text{mm}^2$ )。本研究中的观察面积为  $0.134\ 4\ \text{mm}^2$ 。

### 1.3.3 广藿香头状腺毛及盾状腺毛直径的测量

分别随机选取头状腺毛及盾状腺毛各 10 个,使用光学显微镜数码照相系统中的测量功能,测量其长轴的长度并记录。

### 1.4 数据分析

数据经 Microsoft Excel 2019 整理,使用 SPSS 23.0 统计软件对不同品种来源广藿香的表皮毛特征(表皮毛密度,腺毛直径)进行方差分析、主成分分析和聚类分析(系统聚类法),使用 OriginPro 2017 作主成分分析图。

## 2 结果与分析

### 2.1 广藿香叶表皮毛显微特征

广藿香叶表皮毛主要包括非腺毛、盾状腺毛和头状腺毛。非腺毛:平直或弯曲,由 3~6 个细胞组成,基细胞 1~2 个,基细胞以上有 1~5 个细胞,这些细胞由基部到顶部逐渐变小、变细,顶部细胞先端成尖形,如图 1:a。腺毛:根据腺毛头部细胞形状,可将其分为盾状腺毛(图 1:b)和头状腺毛(图 1:c)2 种。二者均由基细胞、柄细胞和由分泌细胞组成的头部构成;盾状腺毛由 1 个基细胞、1 个柄细胞和近盾状的头部组成;头状腺毛由 1 个基细胞、1~4 个柄细胞、1 个或 2~4 个头部细胞(排列成球形、近球形或椭圆形)组成。

### 2.2 同一品种来源不同采收期的广藿香表皮毛特征比较

对同一品种来源、不同采收期的广藿香, G7 和 G7X, G8 和 G8X 进行表皮毛特征的方差分析,其结果见表 2。由表 2 可知,相同采收期的 G7 与 G8, G7X 与 G8X 的总表皮毛密度无显著性差异,而不同采收期的广藿香 G7 与 G7X, G8 与 G8X 叶表皮毛密度呈极显著性差异。可见,采收期对于

表 1 样品采集信息表  
Table 1 Source of experimental materials

编号 Number	物种名称 Species	品种 Varieties	采集部位 Collection position	采集时间 Collection time	采集地点 Location	采集株数 Collection quantity
G1	广藿香 <i>Pogostemon cablin</i>	南香 <i>P. cablin</i> 'Hainanensis'	顶叶、第 4 对生叶、底叶 Apical leaf, the fourth pair of leaves, bottom leaf	2019-05-24	广东省中药研究所药圃 Medical Garden of Guangdong Institute of Traditional Chinese Medicine	4
G2	广藿香 <i>P. cablin</i>	肇香 <i>P. cablin</i> 'Gaoyaoensis'	顶叶、第 4 对生叶、底叶 Apical leaf, the fourth pair of leaves, bottom leaf	2019-05-24	广东省中药研究所药圃 Medical Garden of Guangdong Institute of Traditional Chinese Medicine	5
G3	广藿香 <i>P. cablin</i>	牌香 <i>P. cablin</i> 'Shipaiensis'	顶叶、第 4 对生叶、底叶 Apical leaf, the fourth pair of leaves, bottom leaf	2019-05-24	广东省中药研究所药圃 Medical Garden of Guangdong Institute of Traditional Chinese Medicine	4
G4	广藿香 <i>P. cablin</i>	不详 Unknown	全株 Whole plant	2019-06-10	海南省儋州市 Danzhou City, Hainan Province	5
G5	广藿香 <i>P. cablin</i>	不详 Unknown	顶叶、第 4 对生叶、底叶 Apical leaf, the fourth pair of leaves, bottom leaf	2019-06-22	广东省湛江市城月镇 Chengyue Town, Zhanjiang City, Guangdong Province	6
G6	广藿香 <i>P. cablin</i>	不详 Unknown	顶叶、第 4 对生叶、底叶 Apical leaf, the fourth pair of leaves, bottom leaf	2019-06-22	广东省湛江市雷州市 Leizhou City, Zhanjiang City, Guangdong Province	5
G7	广藿香 <i>P. cablin</i>	不详 Unknown	顶叶、第 4 对生叶、底叶 Apical leaf, the fourth pair of leaves, bottom leaf	2019-06-29	广东药科大学药圃 Medical Garden of Guangdong Pharmaceutical University	5
G8	广藿香 <i>P. cablin</i>	不详 Unknown	顶叶、第 4 对生叶、底叶 Apical leaf, the fourth pair of leaves, bottom leaf	2019-06-29	广州中医药大学药王山 Yaowang Mountain, Guangzhou University of Chinese Medicine	5
G7X	广藿香 <i>P. cablin</i>	不详 Unknown	顶叶、第 4 对生叶、底叶 Apical leaf, the fourth pair of leaves, bottom leaf	2019-10-29	广东药科大学药圃 Medical Garden of Guangdong Pharmaceutical University	5
G8X	广藿香 <i>P. cablin</i>	不详 Unknown	顶叶、第 4 对生叶、底叶 Apical leaf, the fourth pair of leaves, bottom leaf	2019-10-29	广州中医药大学药王山 Yaowang Mountain, Guangzhou University of Chinese Medicine	5

广藿香叶片表皮毛的密度有显著影响。6 月末采收的广藿香其叶表皮毛密度显著低于 10 月末采收的。

### 2.3 同一采收期不同品种来源广藿香表皮毛密度比较

对同一采收期不同品种来源广藿香的顶叶、第 4 对生叶、底叶的上下表皮的表皮毛密度进行了比较并计算腺毛及非腺毛占总表皮毛的比例。

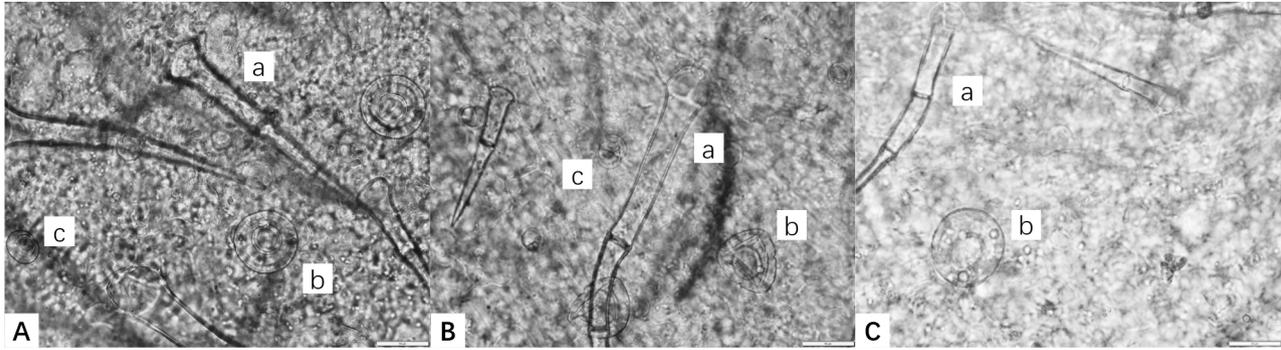
2.3.1 同一采收期不同品种来源广藿香顶叶表皮毛密度 对同一采收期不同品种来源的广藿香顶叶表皮毛密度进行了方差分析,其结果如表 3 所示,即 G7 的表皮毛密度与其他品种来源广藿香有较大差异。具体分析如下:

(1) 上表皮: G2 与 G7 的上表皮非腺毛密度、

腺毛密度、总表皮毛密度均呈极显著差异。G1、G4 与 G7 的上表皮非腺毛密度、腺毛密度、总表皮毛密度均呈显著差异。G6 与 G7 的上表皮非腺毛密度、总表皮毛密度呈极显著差异。G1 与 G7 的上表皮腺毛密度呈极显著性差异。G3 与 G4 上表皮的表皮毛密度均无显著性差异。

(2) 下表皮: G1、G2、G4、G6 与 G7 的下表皮非腺毛密度、腺毛密度、总表皮毛密度均有极显著性差异,与 G8 的下表皮腺毛密度也呈极显著差异。G7 与 G8 的下表皮腺毛密度无显著性差异。G1 与 G2 下表皮的表皮毛密度均无显著性差异。

2.3.2 同一采收期不同品种来源广藿香第 4 对生叶表皮毛密度 对同一采收期不同品种来源的广藿



A. 顶叶表皮毛；B. 第4对生叶表皮毛；C. 底叶表皮毛；a. 非腺毛；b. 盾状腺毛；c. 头状腺毛。

A. Epidermal hair of apical leaf; B. Epidermal hair of the fourth pair of leaves; C. Epidermal hair of bottom leaf; a. Non-glandular hairs; b. Peltate glandular hairs; c. Capitate glandular hairs.

图1 广藿香叶表皮毛显微图

Fig. 1 Micrograph of leaf epidermal hair of *Pogostemon cablin*

表2 同一品种不同采收期的广藿香叶表皮毛密度比较

Table 2 Comparison of leaf epidermal hair density of *Pogostemon cablin* from the same variety in different harvest time

叶片位置 Leaves position	编号 Number	总表皮毛密度 Total epidermal hair density (Number · mm <sup>-2</sup> )	非腺毛密度 Non-Glandular hairs density (Number · mm <sup>-2</sup> )	腺毛密度 Glandular hairs density (Number · mm <sup>-2</sup> )
顶叶 Apical leaf	G7	120.039 7aA	61.507 9aA	58.531 7aA
	G8	104.662 7aA	48.363 1aA	56.299 6aA
	G7X	192.460 3bB	107.142 9bB	85.317 5aA
	G8X	189.980 2bB	96.230 2bB	93.75bA
第4对生叶 The fourth pair of leaves	G7	33.978 2aA	18.601 2aA	15.377a
	G8	29.761 9aA	15.625aA	14.136 9a
	G7X	43.650 8bA	24.057 5bA	19.593 3a
	G8X	52.579 4bB	31.498bB	21.081 3a
底叶 Bottom leaf	G7	38.442 5bB	22.569 4bB	15.873a
	G8	25.297 6aA	12.400 8aA	12.896 8a
	G7X	27.777 8aA	14.384 9aA	13.392 9a
	G8X	42.410 7bB	23.313 5bB	19.097 2a

注：同列数据后不同小写字母表示差异达0.05显著水平；不同大写字母表示差异达0.01极显著水平。下同。

Note: Different lowercase letters after data in the same column show significant differences at 0.05 level, and different capital letters show significant differences at 0.01 level. The same below.

香第4对生叶表皮毛密度进行了方差分析,其结果如表4所示,即G3和G4的第4对生叶表皮毛密度与其他品种来源广藿香有较大差异。具体分析如下:

(1) 上表皮:G3与G4的上表皮非腺毛密度

毛、腺毛密度和总表皮毛密度均有显著性差异。G5、G6、G7与G3和G4的第4对生叶上表皮总表皮毛密度有极显著性差异。G1、G5、G7与G3和G4的上表皮非腺毛密度有极显著性差异。G5与G1、G4的上表皮腺毛密度有极显著差异。

表 3 不同品种来源广藿香顶叶表皮毛密度  
Table 3 Epidermal hair density of the apical leaves of *Pogostemon cablin* from different origins

表皮 Epidermis	编号 Number	总表皮毛密度 Total epidermal hair density (Number · mm <sup>-2</sup> )	非腺毛 Non-glandular hairs		腺毛 Glandular hairs	
			密度 Density (Number · mm <sup>-2</sup> )	比例 Proportion (%)	密度 density (Number · mm <sup>-2</sup> )	比例 Proportion (%)
上表皮 Upper epidermis	G1	49.603 2bAB	36.582 3bAB	73.75	13.020 8bB	26.25
	G2	39.682 5bB	26.289 7bB	66.25	13.392 9bB	33.75
	G3	79.985 1abAB	46.503abAB	58.14	33.482 1abAB	41.86
	G4	65.104 2abAB	42.782 7abAB	65.71	22.321 4abAB	34.29
	G5	56.216 9bAB	31.828 7bB	56.62	24.388 2abAB	43.38
	G6	43.650 8bB	23.313 5bB	53.41	20.337 3bAB	46.59
	G7	100.694 4aA	60.019 8aA	59.61	40.674 6aA	40.39
	G8	86.805 6abAB	52.083 3abAB	60.00	34.722 2abAB	40.00
下表皮 Lower epidermis	G1	59.523 8bB	30.381 9bcB	51.04	29.141 9bB	48.96
	G2	57.539 7bB	26.289 7bcB	45.69	31.25bB	54.31
	G3	99.826 4abAB	43.402 8abAB	43.48	56.423 6abAB	56.52
	G4	48.983 1bB	24.801 6bcB	50.63	24.181 5bB	49.36
	G5	69.857 8bB	40.509 3bAB	57.98	29.348 5bB	42.02
	G6	47.619bB	16.369cB	34.37	31.25bB	65.63
	G7	139.384 9aA	62.996aA	45.19	76.388 9aA	54.81
	G8	122.519 8aAB	44.642 9abAB	36.43	77.877aA	63.56

(2)下表皮:G3与G4的第4对生叶下表皮非腺毛密度、腺毛密度、总表皮毛密度均呈极显著性差异。

2.3.3 同一采收期不同品种来源广藿香底叶表皮毛密度 对同一采收期不同品种来源的广藿香底叶表皮毛密度进行了方差分析,其结果如表5所示,即G8的表皮毛密度与其他品种来源广藿香有较大差异。具体分析如下:

(1)上表皮:G3与G8的底叶上表皮非腺毛密度、腺毛密度、总表皮毛密度均有极显著性差异。G3与G6、G8的底叶上表皮非腺毛密度、腺毛密度、总表皮毛密度均呈显著性差异。G1、G3与G2、G4、G5、G6、G7、G8的底叶非腺毛密度、腺毛密度、总表皮毛密度均有显著性差异。

(2)下表皮:G1与G4、G5、G6的底叶下表皮

非腺毛密度、腺毛密度、总表皮毛密度均有极显著性差异。G1与G8均呈显著性差异。

#### 2.4 同一采收期不同品种来源广藿香叶片小腺毛及盾状腺毛直径比较

对同一采收期不同品种来源广藿香的小腺毛及盾状腺毛直径进行了比较,结果见表6。G2、G5、G6的小腺毛直径与G1、G3、G4、G7、G8的小腺毛直径有极显著性差异。G2、G3与G1、G5、G7的盾状腺毛直径有极显著性差异。

#### 2.5 同一采收期不同品种来源广藿香叶片表皮毛特性的主成分分析

对同一采收期不同品种来源广藿香的顶叶、第4对生叶、底叶的非腺毛密度和腺毛密度、头状腺毛和盾状腺毛直径,这8个表皮毛特征进行主成分分析,用最大方差法旋转,以特征值大于1为

表 4 不同品种来源广藿香第 4 对生叶表皮毛密度

Table 4 Epidermal hair density of the fourth pair of leaves of *Pogostemon cablin* from different origins

表皮 Epidermis	编号 Number	总表皮毛密度 Total epidermal hair density (Number · mm <sup>-2</sup> )	非腺毛 Non-glandular hairs		腺毛 Glandular hairs	
			密度 Density (Number · mm <sup>-2</sup> )	比例 Proportion (%)	密度 Density (Number · mm <sup>-2</sup> )	比例 Proportion (%)
上表皮 Upper epidermis	G1	26.041 7bBC	19.221 2bB	73.81	6.820 4b	26.19
	G2	24.801 6bcBC	15.873bcBC	64.00	8.928 6ab	36.00
	G3	43.402 8aA	31.622aA	72.86	11.780 8ab	27.14
	G4	17.981 2cC	11.780 8cC	65.52	6.200 4b	34.48
	G5	30.588 6bB	18.601 2bB	60.81	11.987 4a	39.19
	G6	28.769 8bB	17.361 1bcBC	60.34	11.408 7ab	39.66
	G7	28.769 8bB	19.841 3bB	68.97	8.928 6ab	31.03
	G8	25.793 7bBC	16.865 1bcBC	65.38	8.928 6ab	34.62
下表皮 Lower epidermis	G1	39.062 5bBC	20.461 3abAB	52.38	18.601 2bcB	47.62
	G2	34.226 2bcBC	19.841 3abAB	57.97	14.384 9cB	42.03
	G3	60.763 9aA	31.002aA	51.02	29.761 9aA	48.98
	G4	23.561 5cC	11.780 8bB	50.00	11.780 8cB	50.00
	G5	31.415 3bcBC	15.707 7bB	50.00	15.707 7bcB	50.00
	G6	39.682 5bBC	17.361 1bAB	43.75	22.321 4abAB	56.25
	G7	39.186 5bBC	17.361 1bAB	44.30	21.825 4bAB	55.70
	G8	33.730 2bcBC	14.384 9bB	42.65	19.345 2bcB	57.35

准,提取了 4 个主成分,其结果如表 7 所示。主成分 1 中,顶叶非腺毛密度和顶叶腺毛密度的载荷度较高,主要表征顶叶的腺毛和非腺毛密度特征,贡献率为 29.61%;主成分 2 中,第 4 对生叶腺毛密度和底叶腺毛密度载荷度较高,主要表征第 4 对生叶和底叶的腺毛密度特征,贡献率为 22.64%;主成分 3 中,小腺毛直径和盾状腺毛直径的载荷度较高,主要表征腺毛直径的特征,贡献率为 16.94%;主成分 4 中,第 4 对生叶非腺毛密度和底叶非腺毛密度载荷度较高,主要表征第 4 对生叶和底叶非腺毛密度,贡献率为 12.70%。提取的 4 个主成分总变异中有 81.89% 的贡献率。

使用 OringinPro 作主成分分析图,结果见图 2。由图 2 可知,G2、G4、G5、G6 的置信椭圆重合度较高,可能为一类。G7、G8 也有相对较高的重合度。

G1 和 G3 的置信椭圆虽重合度较高,但 G1 中的一个点偏离较大,可能为异常值。

## 2.6 同一采收期不同品种来源广藿香的聚类分析

使用 SPSS 23.0 对同一采收期不同品种来源的广藿香特征的平均值进行聚类分析,结果见图 3、图 4、图 5。

2.6.1 表皮毛密度特征聚类 对同一采收期不同品种来源广藿香的表皮毛密度特征(顶叶非腺毛密度、顶叶腺毛密度、顶叶总表皮毛密度、第 4 对生叶非腺毛密度、第 4 对生叶腺毛密度、第 4 对生叶总表皮毛密度、底叶非腺毛密度、底叶腺毛密度、底叶总表皮毛密度)的均值进行聚类分析。由图 3 可知,在距离为 5 时,8 个不同品种来源的广藿香被分为四大类:第 I 类包括 G2、G4、G5、G6;第 II 类包括 G1;第 III 类包括 G7、G8;第 IV 类包括 G3。

表 5 不同品种来源广藿香底叶表皮毛密度

Table 5 Epidermal hair density of the bottom leaves of *Pogostemon cablin* from different origins

表皮 Epidermis	编号 Number	总表皮毛密度 Total epidermal hair density (Number · mm <sup>-2</sup> )	非腺毛 Non-glandular hairs		腺毛 Glandular hairs	
			密度 Density (Number · mm <sup>-2</sup> )	比例 Proportion (%)	密度 Density (Number · mm <sup>-2</sup> )	比例 Proportion (%)
上表皮 Upper epidermis	G1	43.402 8aAB	30.381 9aA	70.00	13.020 8aAB	30.00
	G2	26.785 7bcB	16.865 1bcB	62.96	9.920 6bAB	37.04
	G3	48.363 1aA	32.242 1aA	66.67	16.121aA	33.33
	G4	24.181 5bcB	17.361 1bcB	71.79	6.820 4bB	28.21
	G5	25.214 9bcB	16.947 8bcB	67.21	8.267 2bB	32.79
	G6	22.817 5cB	14.384 9bcB	63.04	8.432 5bB	36.96
	G7	32.242 1bB	20.833 3bB	64.61	11.408 7abAB	35.38
	G8	21.329 4cB	13.392 9cB	62.79	7.936 5bB	37.21
下表皮 Lower epidermis	G1	68.204 4aA	32.862 1aA	48.18	35.342 3aA	51.82
	G2	42.658 7bB	23.809 5abAB	55.81	18.849 2bAB	44.19
	G3	58.283 7abAB	29.761 9aA	51.06	28.521 8abAB	48.94
	G4	24.181 5bB	13.640 9bB	56.41	10.540 7bB	43.59
	G5	26.455bB	14.881bB	56.25	11.574 1bB	43.75
	G6	29.761 9bB	14.384 9bB	48.33	15.377bB	51.67
	G7	44.642 9bB	24.305 6abAB	54.44	20.337 3bAB	45.56
	G8	29.265 9bB	11.408 7bB	38.98	17.857 1bAB	61.02

表 6 不同品种来源广藿香小腺毛及盾状腺毛直径比较

Table 6 Comparisons of the diameter size of small glandular hairs and peltate glandular hairs of *Pogostemon cablin* from different origins

编号 Number	头状腺毛直径 Diameter of capitate glandular hairs (μm)	盾状腺毛直径 Diameter of peltate glandular hairs (μm)
G1	28.515cB	62.422 5cdC
G2	38.608abA	79.773aA
G3	29.245cB	80.292 5aA
G4	31.098 8cB	76.521 3abAB
G5	36.983 8bA	72.151 3bB
G6	41.331aA	78.645aAB
G7	31.13cB	66.565cBC
G8	31.13cB	60.574dC

2.6.2 腺毛直径特征聚类 对同一采收期不同品种来源的广藿香头状腺毛及盾状腺毛直径的均值进行了聚类分析,如图 4 所示,在距离为 5 时,8 个不同品种来源的广藿香被分为四大类;第 I 类包括 G2、G6;第 II 类包括 G5;第 III 类包括 G3、G4;第 IV 类包括 G1、G7、G8。

2.6.3 表皮毛密度及直径特征聚类 对同一采收期不同品种来源广藿香的表皮毛密度特征以及小腺毛和盾状腺毛直径的均数进行聚类分析,结果见图 5。在距离为 5 时,8 个不同品种来源的广藿香可分为四大类。其分类结果与 3.8.1 一致。

### 3 讨论与结论

3.1 叶表皮毛特征多样性可用于广藿香品种分类  
叶表皮特征的微形态多样性可用于植物分类

表 7 不同品种来源广藿香表皮毛特征主成分分析

Table 7 Principal component analysis of the leaf epidermal hair characteristics of *Pogostemon cablin* from different origins

表皮毛特征 Epidermal hair characteristic	主成分 1 First principal component	主成分 2 Second principal component	主成分 3 Third principal component	主成分 4 Fourth principal component
顶叶非腺毛密度 Density of non-glandular hairs in apical leaves	<u>0.501</u>	-0.203	-0.09	0.139
顶叶腺毛密度 Density of glandular hairs in apical leaves	<u>0.517</u>	0.133	0.104	-0.108
第 4 对生叶非腺毛密度 Density of non-glandular hairs in the fourth pair of leaves	0.18	-0.154	0.196	<u>0.613</u>
第 4 对生叶腺毛密度 Density of glandular hairs in the fourth pair of leaves	0.156	<u>0.489</u>	0.229	-0.075
底叶非腺毛密度 Density of non-glandular hairs in bottom leaf	-0.214	0.119	-0.181	<u>0.436</u>
底叶腺毛密度 Density of glandular hairs in bottom leaf	-0.195	<u>0.555</u>	-0.177	-0.026
头状腺毛直径 Diameter of capitate glandular hairs	-0.043	0.094	<u>0.441</u>	-0.162
盾状腺毛直径 Diameter of peltate glandular hairs	0.105	-0.079	<u>0.566</u>	0.22

注：带有下划线的数字表示在该主成分中载荷度较高的特征成分。

Note: Underlined numbers indicate the characteristic component with a higher load in the principal component.

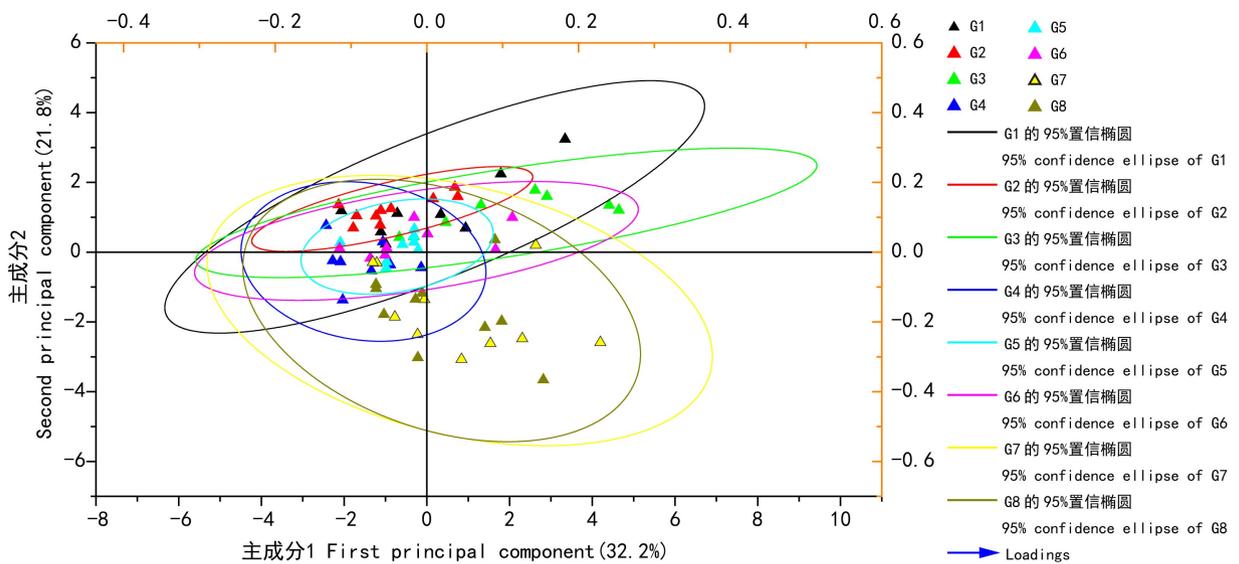


图 2 不同品种来源广藿香表皮毛特征主成分分析图

Fig. 2 Principal component analysis of the leaf epidermal hair characteristics of *Pogostemon cablin* from different origins

和系统演化关系的探讨,具有重要的分类价值(高敏等, 2010)。任强等(2015)通过观察桑属(*Morus*) 8个种的叶表皮特征,发现气孔面积、气孔形态及表皮毛等特征存在一定的种间差异,可以作为桑属植物分类的重要依据。叶表皮毛特征作

为一种比较稳定的种间特异性差别,同样可为分类学和亲缘关系的判断提供一定的依据(高敏等, 2010)。杨旭等(2016)对 16个厚朴居群的表皮毛特征进行了观察比较和聚类分析,发现不同居群厚朴叶表皮毛差异显著,16个样本可以分为两个

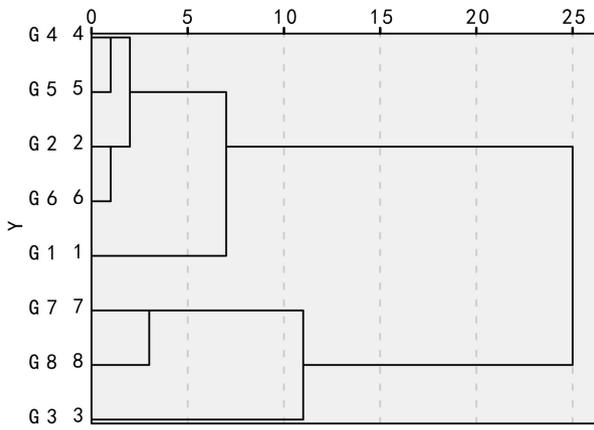


图3 不同品种来源广藿香表皮毛密度特征聚类分析  
Fig. 3 Cluster analysis of the leaf epidermal hair density of *Pogostemon cablin* from different origins

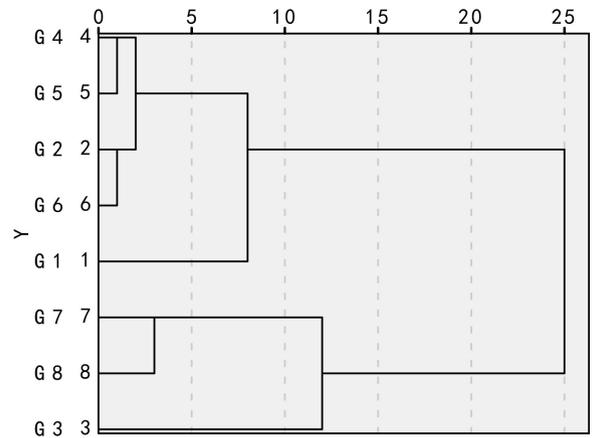


图5 不同品种来源广藿香表皮毛特征聚类分析  
Fig. 5 Cluster analysis of the leaf epidermal hair characteristics of *Pogostemon cablin* from different origins

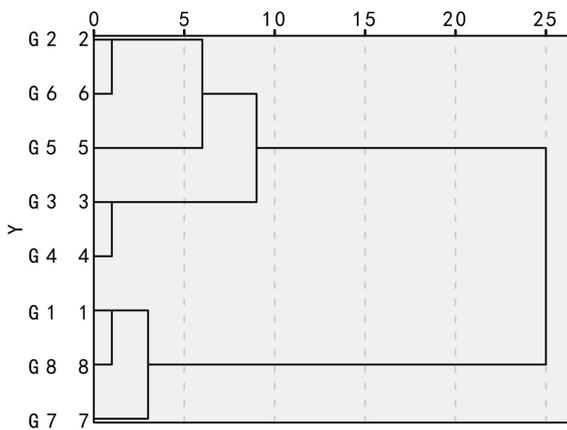


图4 不同品种来源广藿香腺毛直径特征聚类分析  
Fig. 4 Cluster analysis of the diameter size of glandular hairs of *Pogostemon cablin* from different origins

类群:直立型和弯曲线,所划分的类群与根据叶形划分的类型基本一致。吴友根等(2011)采用扫描电镜对不同栽培类型的广藿香叶表皮形态特征进行了比较研究,发现5个栽培类型的广藿香叶表皮特征中,腺毛、非腺毛上的疣点、气孔和纹理纹饰均存在一定的差异,但并未对表皮毛密度和直径做出统计分析。本研究采用水合氯醛制片法,使用光学显微镜观察统计不同品种来源广藿香的表皮毛密度及直径,并进行了方差分析和聚类分析,结果显示不同品种来源及不同采收期的广藿

香其表皮毛密度和直径存在一定的差异。表皮毛密度和直径特征的聚类结果,均可以将南香(G1)、肇香(G2)、牌香(G3)分开,聚类结果良好。因此,可以认为叶表皮毛密度和直径在广藿香的分类中有一定的参考意义。本研究补充了表皮毛特征这一微形态多样性应用于广藿香分类的空白,同时为其他类似植物的分类提供了新的思路与研究方法。

### 3.2 广藿香叶表皮毛特征多样性与药材质量存在一定相关性

药材受环境和栽培方式等影响,性状也产生变化,不同采收期广藿香叶表皮毛特征也存在多样性。早在宋代苏颂《图经本草》(公元1061年)有载“藿香岭南多有之,人家亦多种。二月生苗,茎梗甚密,作丛,叶而桑而小薄,六月七月采之,须黄色乃可收。”广藿香有效成分挥发油的产生、分泌过程和分泌物的成分与腺毛的分布、发育、类型等有直接关系(吴姝菊等,2012),腺毛的分布密度越大,其分泌能力越强(黄珊珊等,2005)。罗集鹏等(2002)考察了不同采收期对广藿香挥发油成分及含量的影响,发现不同采收期的广藿香挥发油含量从7月至11月呈增加趋势。牌香类广藿香酮含量7月最高,10月至11月最低,广藿香醇含量在11月份最高;琼香类广藿香酮含量8月最高,广藿香醇含量11月份最高。石牌广藿香的传统

栽培方法和采收时间为每年 4 月扦插育苗, 5 月移栽, 翌年 6 月至 7 月采收; 其他地区均是 11 月育苗, 翌年 3 月移栽, 11 月采收(罗集鹏等, 2003)。可见石牌广藿香传统采收期为广藿香酮含量最高时期, 这也解释了石牌广藿香的道地性。

由于同一品种来源、不同采收期的广藿香叶表皮毛密度有显著性差异, 为了排除采收期对表皮毛密度的影响, 本研究在分析不同产地广藿香叶表皮毛特征时, 选择了同一采收期的 G1-G8 样品。主成分分析中为了使得数据符合 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 和 Bartlett 球形检验, 未将顶叶、第 4 对生叶、底叶的总表皮毛密度特征进行分析。本文总结了前人对广藿香采收期及挥发油含量的研究内容, 考察了采收期对广藿香叶表皮毛密度的影响, 更加全面地验证了本分类方法的科学性。

本研究将广藿香的药材品质与生物表型相关联, 采用方差、主成分分析、聚类分析等多种统计学分析方法, 初步验证了叶表皮毛特征应用于广藿香品种分类的可行性, 对于这一岭南名药的品质评价与合理开发利用具有重要的参考价值。

## 参考文献:

ATALAY Z, CELEP F, BARA F, et al., 2016. Systematic significance of anatomy and trichome morphology in *Lamium* (Lamioideae; Lamiaceae) [J]. FLORA, 225: 60-75.

FENG CH, 2006. Comparative study on *Pogostemon cablin* from different varieties [J]. J Shaoguan Univ (Nat Sci Ed), 27(6): 100-103. [冯承浩, 2006. 不同品种来源广藿香的比较研究 [J]. 韶关学院学报(自然科学版), 27(6):100-103.]

FENG CH, WU H, 2003. Development of leaves of *Pogostemon cablin* and distribution of volatile oils in different developmental stages [J]. J Shaoguan Univ (Soc Sci Ed), 24(12): 74-78. [冯承浩, 吴鸿, 2003. 广藿香叶的发育及不同发育期挥发油的分布 [J]. 韶关学院学报(社会科学版), 24(12):74-78.]

FENG CH, WU H, ZHAO S, 2006. The developmental anatomy of two kinds of trichomes in *Pogostemon cablin* [J]. J S Chin Agric Univ, 27(1): 88-91. [冯承浩, 吴鸿, 赵晟, 2006. 广藿香 2 种表皮毛的发育解剖学研究 [J]. 华南农业大学学报, 27(1):88-91.]

GAO M, 2010. Taxonomic significance of leaf micromorphological

characteristics [C]. Professional Committee on Medicinal Plants and Botanical Medicines of the Chinese Botanical Society. Papers of the Ninth National Symposium on Medicinal Plants and Botanical Pharmacy. Haikou; Chinese Botanical Society: 3. [高敏, 2010. 叶片微形态特征的分类学意义 [C]. 中国植物学会药用植物及植物药专业委员会. 第九届全国药用植物及植物药学术研讨会论文集. 海口:中国植物学会: 3.]

HUANG SS, LIAO JP, TANG YJ, 2005. Advances in the studies of glandular hairs and secretion in Labiatae plants [J]. J Trop Subtrop Bot, 13(5): 452-456. [黄珊珊, 廖景平, 唐源江, 2005. 唇形科植物腺毛及其分泌研究进展 [J]. 热带亚热带植物学报, 13(5):452-456.]

LIU YP, LUO JP, FENG YF, et al., 2002. Analysis of correlation between gene sequence and chemical type of volatile oil in *Pogostemon cablin* [J]. Acta Pharm Sin, 37(4): 304-308. [刘玉萍, 罗集鹏, 冯毅凡, 等, 2002. 广藿香的基因序列与挥发油化学型的相关性分析 [J]. 药学学报, 37(4):304-308.]

LUO JP, FENG YF, HE B, et al., 2005. Genuine research of *Pogostemon cablin* [J]. Chin Med Mat, 28(12): 1121-1125. [罗集鹏, 冯毅凡, 何冰, 等, 2005. 广藿香的道地性研究 [J]. 中药材, 28(12):1121-1125.]

LUO JP, GUO XL, FENG YF, 2002. Analysis of the volatile oil components of *Pogostemon cablin* in Hainan Province [J]. Chin Med Mat, 25(1):21-23. [罗集鹏, 郭晓玲, 冯毅凡, 2002. 不同采收期海南广藿香挥发油成分分析 [J]. 中药材, 25(1):21-23.]

LUO JP, LIU YP, FENG YF, et al., 2003. Effects of two chemical types of *Pogostemon cablin* and its variety source and harvest time on its volatile oil composition [J]. Acta Pharm Sin, 38(4):307-310. [罗集鹏, 刘玉萍, 冯毅凡, 等, 2003. 广藿香的两个化学型及品种来源与采收期对其挥发油成分的影响 [J]. 药学学报, 38(4):307-310.]

MOU D, HUANG R, XIAO KL, et al., 2014. Study on the correlation between content of artemisinin and density of glandular trichemes of *Artemisia annua* L. [J]. J Hubei Minzu Univ (Nat Sci Ed), 32(3):262-265. [牟迪, 黄蓉, 肖凯伦, 等, 2014. 黄花蒿青蒿素含量与腺毛状毛状体密度相关性研究 [J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 32(3):262-265.]

REN Q, YANG XH, ZOU YD, et al., 2015. Leaf epidermis of *Morus* and its taxonomic significance [J]. Jiangsu Agri Sci, 43(11): 328-333. [任强, 杨晓红, 邹义冬, 等, 2015. 桑属植物的叶表皮特征及其分类学意义 [J]. 江苏农业科学, 43(11):328-333.]

WU SJ, YU LJ, AI Y, 2012. Advances in the development and secretion of glandular hairs in Labiatae plants [J]. Nor Hortic, (10):194-196. [吴姝菊, 于丽杰, 艾燕, 2012. 唇形

- 科植物腺毛发育及腺毛分泌功能的研究进展 [J]. 北方园艺, (10):194-196.]
- WU YG, GUO QS, LIN YF, et al., 2011. The comparison of growth characteristics and observation of flower structure in *Pogostemon cablin* [J]. Lishizhen Med Mat Med Res, 22(12):2997-2999. [吴友根, 郭巧生, 林尤奋, 等, 2011. 广藿香生长特性比较及海南广藿香花器结构的观察 [J]. 时珍国医国药, 22(12):2997-2999.]
- WU YG, WU LH, HE JC, et al., 2011. Comparison of the leaves' superficial morphology and configuration in *Pogostemon cablin* from different habitats [J]. Lishizhen Med Mat Med Res, 22(11):2758-2760. [吴友根, 吴连花, 何际婵, 等, 2011. 广藿香不同栽培类型叶表皮形态特征的比较研究 [J]. 时珍国医国药, 22(11):2758-2760.]
- YANG X, YANG ZL, MAI J, et al., 2016. Comparison of characteristics of leaf trichomes in *Houpoea officinalis* and their taxonomical significances [J]. Guihaia, 36(11):1335-1343. [杨旭, 杨志玲, 麦静, 等, 2016. 厚朴居群叶表皮毛的显微特征差异及分类意义 [J]. 广西植物, 36(11):1335-1343.]
- YANG TP, XUE XP, PAN WJ, et al., 2010. Analysis on the difference of glandular hair density of different tobacco varieties [J]. Acta Agric Jiangxi, 22(11):79-80. [杨天沛, 薛小平, 潘文杰, 等, 2010. 不同品种烟叶腺毛密度差异分析 [J]. 江西农业学报, 22(11):79-80.]
- YANG TZ, LI W, LI QK, et al., 2005. Analysis on the difference of glandular hair density of different tobacco varieties [J]. Chin Tob Sci, (1):43-46. [杨铁钊, 李伟, 李钦奎, 等, 2005. 烤烟叶面腺毛密度及其分泌物变化动态的相关分析 [J]. 中国烟草科学, (1):43-46.]
- ZENG QQ, ZHENG H, HUANG YC, et al., 2018. Research on cutting and propagating of *Pogostemon cablin* [J]. Lishizhen Med Mat Med Res, 29(7):1726-1728. [曾庆钱, 郑海, 黄意成, 等, 2018. 广藿香扦插繁殖研究 [J]. 时珍国医国药, 29(7):1726-1728.]
- ZHANG Y, ZHOU GX, 2015. Textual research on herbs of *Pogostemon cablin* [J]. Chin Med Mat, 38(9):1986-1989. [张英, 周光雄, 2015. 广藿香的本草考证研究 [J]. 中药材, 38(9):1986-1989.]
- ZHANG Y, CHEN Y, ZHANG JC, et al., 2007. Correlation between ITS genotype and geographical distribution of *Pogostemon cablin* [J]. Acta Pharm Sin, 42(1):93-97. [张英, 陈瑶, 张金超, 等, 2007. 广藿香 ITS 基因型与地理分布的相关性分析 [J]. 药学学报, 42(1):93-97.]
- ZHANG JW, ZHAO JC, ZHOU Q, et al., 2018. Advances in the study of plant epidermal hair [J]. Acta Pharm Sin, 53(5):726-737. [张继伟, 赵杰才, 周琴, 等, 2018. 植物表皮毛研究进展 [J]. 植物学报, 53(5):726-737.]

(责任编辑 何永艳)