

· 综述 ·

非腺毛形态在(药用)植物分类和植物类药材鉴别方面的研究进展[△]

植汉成^{1,2}, 郭宝林^{2*}, 葛菲^{*}, 刘翔^{2,3}, 冯学锋⁴, 郭佳琪¹, 温春梅¹

(1. 江西中医药大学, 江西 南昌 330006; 2. 中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所, 北京 100193;
3. 重庆市中药研究院, 重庆 400065; 4. 中国中医科学院中药研究所, 北京 100700)

[摘要] (药用)植物体地上器官的表面广泛存在非腺毛, 主要对植物起到保护作用。笔者通过查阅文献, 介绍了非腺毛形态结构、分类、发育和环境的关系, 并综述了非腺毛的形态、长度、着生位置、分布密度以及细胞构成等在(药用)植物分类, 以及药材真伪、多基原药材以及不同栽培品种鉴别方面的应用。

[关键词] 非腺毛; 药用植物; 分类; 鉴别

Research Progress of Non-glandular Hairs Morphology in Classification of Medicinal Plants and Identification of Plant Medicinal Materials

ZHI Han-cheng^{1,2}, GUO Bao-lin^{2*}, GE Fei^{1*}, LIU Xiang³, FENG XUE-feng⁴, GUO Jia-qi¹, WEN Chun-mei¹

(1. Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330006, China;

2. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Science, Peking Union Medical College, Beijing 100193, China;

3. Chongqing Academy of Chinese Materia Medica, Chongqing 400065, China;

4. Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Science, Beijing 100700, China)

[Abstract] Non-glandular hairs are widely distributed on the surface of aboveground organs of plants, which mainly protect plants. Through consulting the domestic and foreign related literatures, the author introduces non-glandular morphological structure, classification, development and the relationship with environment, and summarizes how its morphology, length, growth position, distribution density and cell composition are applied to classification of medicinal plants, and identification of medicinal authenticity, medicinal materials from various sources, and medicinal materials of different cultivars.

[Keywords] Non-glandular hairs; medicinal plants; classification; identification

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.20171020001

非腺毛是由植物表皮细胞分化而成, 不具分泌功能的突起物^[1-2]。它广泛存在于植物地上器官如叶、茎、花及果实的表皮上, 一般对植物起到保护作用。非腺毛的形态和结构可因植物种类不同而有相当大的变化, 因而可作为植物属间或属下分类的重要依据^[2], 植物类药材也多将非腺毛特征作为重要的显微鉴别特征^[3]。本文系统介绍非腺毛形态结构、发育特点、生态作用以及在药用植物分类和药材鉴别方面的研究进展和应用。

1 非腺毛的形态结构

非腺毛由单细胞或多细胞构成, 无头部和柄部之分, 顶端通常狭尖, 根据形态特征常划分为下列类型^[4]: 1) 线状毛: 毛茸呈线状, 有单细胞组成, 如忍冬(*Lonicera japonica*)、番泻叶(*Cassia acutifolia*)的叶表皮毛; 也有多细胞呈单列结构的, 如洋地黄(*Digitalis purpurea*)叶表皮毛; 还有多细胞多列结构的, 如旋覆花(*Inula japonica*)叶表皮毛; 有的表面可见角质螺纹, 如忍冬叶表皮毛, 有的壁有疣状突

[△] [基金项目] 中国医学科学院医学与健康科技创新工程经费资助(2017-12M-3-013)

* [通信作者] 郭宝林, 博士生导师, 研究方向: 中药材资源鉴定、栽培和质量研究, E-mail: guobaolin010@163.com; 葛菲, 硕士生导师, 研究方向: 中药资源与鉴定, E-mail: gftcm@163.com

起,如白曼陀罗(*Datura metel*)花的毛。2)棘毛:细胞壁一般厚而坚硬,木质化,细胞内有结晶体沉淀,如大麻(*Cannabis sativa*)叶的棘毛,其基部有钟乳体沉淀。3)钩毛:形状似棘毛,但顶端弯曲成钩状,如茜草(*Rubia cordifolia*)茎、叶上毛茸。4)螫毛:毛茸较脆,液泡中含有蚁酸,能刺激皮肤引起剧痛,如荨麻(*Urtica fissa*)的茎、叶表面毛。5)分枝毛:毛茸呈分枝状,如毛蕊花(*Verbascum thapsus*)、裸花紫珠(*Callicarpa nudiflora*)叶表皮毛。6)丁字毛:毛茸呈丁字形,如艾(*Artemisia argyi*)叶和除虫菊(*Pyrethrum cinerariifolium*)叶表皮毛。7)星状毛:毛茸呈放射状,分枝似星,如蜀葵(*Althaea rosea*)叶、石韦(*Pyrrhosia lingua*)叶和密蒙花(*Buddleja officinalis*)叶表皮毛。8)鳞毛:毛茸的突出部分呈圆形平顶状或鳞片状,如胡颓子(*Elaeagnus pungens*)叶表皮毛。除了个别线状毛和少量分支状毛为单细胞毛,其余各类毛茸为多细胞毛。

2 非腺毛的发育

2.1 非腺毛发育机制

植物体表皮上产生非腺毛的原始细胞一般都源于叶原基或幼茎的原表皮细胞,一些原表皮细胞体积增大,随后进行不均等垂周分裂,形成2个大小不等的子细胞,小的子细胞将发育成表皮细胞,大的逐渐长大成为突出于原表皮之上的非腺毛原始细胞。非腺毛原始细胞的继续发育有两种不同机制:一种是该细胞直接向外生长,形成单细胞非腺毛;另一种是非腺毛原始细胞先进行分裂,再向外进行突出生长,形成多细胞非腺毛^[5]。不同植物多细胞非腺毛的发育过程有所差异,如广藿香(*Pogostemon cablin*)非腺毛发育过程大体为^[6]:原始细胞先经平周分裂,形成两个子细胞;基部细胞进行分化,顶端细胞保持分生状态或进行分化。保持分生状态时,顶端细胞依次横分裂形成数个子细胞,分裂完成后各子细胞生长分化,顶部细胞顶端伸长渐尖,最终形成多细胞非腺毛。再如羽叶薰衣草(*Lavandula pinnata*)非腺毛的发育^[7],原始细胞形成后进行2或3次分裂,形成3或4个子细胞,顶端细胞仍保持分生状态:有的顶端细胞能进行不均等平周分裂,形成2个大小不一的细胞,再生长分化形成二叉分枝状非腺毛;2个细胞中的一个可再一次进行不均等平周分裂,形成三叉分枝状非腺毛;有的顶端细胞交替进行不均

等平周分裂和横分裂后,形成非腺毛数个子细胞,分裂完成后,各个子细胞再进行发育,形成3个以上方向延长的非腺毛组成细胞,最终生长分化形成树枝状非腺毛。说明顶端细胞的分生状态及其细胞分裂的方式是决定多细胞非腺毛形态主要因素。

2.2 非腺毛的发育时序

不同发育期非腺毛密度的变化反映非腺毛在叶(花)发育的早期或者晚期集中生长或者顺序生长。如王玲娜等^[8]通过对不同发育期忍冬花表皮非腺毛密度变化规律研究发现,花蕾发育早期的三青期非腺毛分布密度最多,从三青期到调花期,非腺毛分布密度逐渐减少,说明金银花非腺毛在早期发育已经形成。涂蕾等^[9]利用石蜡切片及电子显微镜扫描技术,对伯乐树(*Bretschneidera sinensis*)不同发育阶段的叶表面非腺毛观察,发现其叶非腺毛密度随叶片的生长发育逐渐减少,说明伯乐树叶表面非腺毛的分化在器官发育早期,随着器官的发育增大,密度相对减小。赵芸玉等^[10]利用光学显微镜和扫描电子显微镜技术,对臭椿(*Ailanthus altissima*)叶片从叶芽到成熟叶4个发育阶段的表面结构进行观察和比较,发现非腺毛在叶芽阶段密度最大,之后随着叶片发育非腺毛密度逐渐降低,说明臭椿叶非腺毛发育在早期叶芽阶段已经完成,非腺毛可以有效抵抗寒冷和保持温度,从而利于叶芽越冬,随着叶片发育、成熟,非腺毛逐渐脱落,非腺毛密度降低,可减少叶片对光的反射,利于叶片进行光合作用。而马红等^[11]通过对不同叶龄鸭跖草(*Commelina communis*)叶片显微结构观察发现,不同年龄的鸭跖草叶非腺毛呈现递增的规律,1~2叶龄鸭跖草上表皮无非腺毛,从3叶龄起,叶片上表皮非腺毛的数目随叶龄的增大而增大,表明鸭跖草非腺毛分化在叶发育的后期,毛的密度随着叶的发育逐渐增加。

3 非腺毛作用及其与环境的关系

3.1 非腺毛的作用

非腺毛对植物具有物理保护作用。大多数分布于植物叶的背面,因此主要作用是降低植物的蒸腾作用,贴近表皮处形成了一个特殊的小空间,可称为微气候区,且在微气候区内空气环流速度比较稳定,能自动地调节植物体的蒸腾强度^[12],防止水分过度丧失,有利于植物在干旱环境中维持正常的生理代谢。它可以遮蔽或反射强烈光线,有效降低叶

表面温度,也可以隔热保暖,防止低温侵袭^[13]。此外,非腺毛还有保护植物免受动物啃食、帮助种子散播和减少昆虫产卵等多方面的作用^[4,14-17]。LRDS Tozin 等^[18]认为,在部分唇形科(Labiatae)和马鞭草科(Verbenaceae)植物中,非腺毛还参与生物活性物质的合成、储存和释放。

3.2 非腺毛与环境的关系

基于非腺毛的生理功能,一般认为在较为干旱的、寒冷的以及太阳辐射强的环境中植物类群的非腺毛更多、更长一些。如王涛等^[19]研究发现,鼠尾草属(*Salvia*)植物的短非腺毛主要在林下或者低海拔类群植物中,而长卷曲毛只发现生长在高原山地阳坡的弧隔鼠尾草亚属(*Subgen. Salvia*)的植物中,并且该类型非腺毛还大量分布于叶片上表面,这一点应与产地强太阳辐射有关。刘世彪等^[20]对7种番荔枝(*Annona*)果树叶片结构及与其抗寒性关系研究认为,番荔枝果树非腺毛长度越长,数量越多,抗寒性越强。秘鲁番荔枝(*A. cherimola*)叶表皮非腺毛最长,数量较多,其抗寒能力最强。刺果番荔枝(*A. muricata*)和山刺番荔枝(*A. montana*)非腺毛较短,抗寒能力较弱,而牛心番荔枝虽然非腺毛短,但其叶上下表面均有较多非腺毛,其抗寒性增加。尤凤丽等^[21]认为,委陵菜属(*Potentilla*)植物毛的长短、密度因生境的不同而有较大差异,委陵菜属植物植株矮小,相互间遮阴效果差,非腺毛能有效地反射强光照射,避免植物灼伤,防止水分蒸发。很多干燥(荒漠)地区植物的表皮,常密披毛茸,显示非腺毛与环境关系密切。马春英等^[22]认为,乌拉尔甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)叶表皮细胞外壁覆盖发达的非腺毛,对抑制水分散失、减少植株蒸腾耗水起着重要作用。类似的干旱植物:沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)^[23]、珍珠猪毛菜(*Salsola passerina*)^[23]、蓍状亚菊(*Ajania achilloides*)^[23]、柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)^[23-24]、蒙古菝(*Caryopteris mongholica*)^[23,25]、沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)^[23,26-27]等叶表面均密被非腺毛。

4 非腺毛的分类和演化

4.1 非腺毛用于(药用)植物的分类

非腺毛的特征差异可用于植物的分类。任强等^[28]根据叶表面非腺毛特征,将8种桑属(*Morus*)植物划分为3类:1)长穗桑(*M. wittiorum*)、蒙桑

(*M. mongolica*),无非腺毛分布;2)川桑(*M. notabilis*)、白桑(*M. alba*)、山桑(*M. bombycis*)、广东桑(*M. atropurpurea*),非腺毛疏生、较短,基部膨大,先端尾尖,整个毛呈漏斗状、弯刀状或三角形等;3)鸡桑(*M. australis*)、华桑(*M. cathayana*),表皮毛密生、较长,柔软,基部膨大不显著,先端有弯曲,这8种桑属植物叶表面非腺毛特征的差异性对其分类有一定的意义。何子灿等^[29]对猕猴桃属(*Actinidia*)植物35个分类群代表植株叶表皮非腺毛形态特征进行观察和测量,表征分析后将35个分类群分为5大类:1)软枣猕猴桃(*A. arguta*)等7个类群,无非腺毛;2)中越猕猴桃(*A. indochinensis*)等3个类群具有泡状毛;3)阔叶猕猴桃(*A. latifolia*)、异色猕猴桃(*A. callosa* var. *discolor*)具单列直壁毛;4)中华猕猴桃(*A. chinensis*)等10个类群具有多列曲壁渐尖毛和有柄厚壁星状毛;5)毛花猕猴桃(*A. eriantha*)等4个类群具1或4列曲壁毛和无柄厚壁星状毛。结果表明,非腺毛基部细胞列数、相邻细胞壁的曲直程度以及毛长度在不同物种间具有较为明显的差异,可作为该属的分类依据,该分类结果亦支持传统关于猕猴桃属植物净果组的划分。

种内不同居群植物间叶表面非腺毛特征亦有一定差异。高敏等^[30]依据非腺毛顶细胞形状(长剑形或梭形)、顶细胞与基部细胞的衔接方式(成夹角或无),可将9个箭叶淫羊藿(*Epimedium sagittatum*)居群划分为3类,说明不同居群箭叶淫羊藿非腺毛特征差异性可为其分类提供一定的依据。杨旭等^[31]对16个居群厚朴(*Magnolia officinalis*)叶表皮非腺毛研究表明,不同居群间非腺毛形态、构成细胞数、非腺毛长度、顶细胞长度及直径、顶细胞与其余细胞的夹角都呈现出多态性,依据非腺毛特征的不同将不同居群厚朴分为2大类,一类具有直立类型非腺毛,一类具有弯曲类型非腺毛,所划分的类群与依据叶型划分类型一致。

4.2 非腺毛的演化

根据非腺毛的形态变化特点和发育过程得出的演化顺序,可以推断相应植物类群的演化关系。梁红平等^[1]根据我国常绿栎类叶表皮毛上表现出来的由腺毛密度最大、类型最多的原始类型(黄背栎 *Quercus pannosa*),经腺毛逐渐减少、消失,到非腺毛逐渐增多,最后出现非腺毛密度最大、毛分枝数最多的衍化类型(锥连栎 *Q. franchetii*)这样一个连续

变化过程。认为常绿栎类这一亲缘关系非常接近的类群种间的演化路线为,从黄背栎经川滇高山栎(*Q. aquifolioides*)、川西栎(*Q. gilliana*)、灰背栎(*Q. yanhuanscens*),到锥连栎。方炎明等^[32]根据金缕梅科叶表面非腺毛由简单到复杂的演化规律,推测该科植物亚科之间的演化路线:双花木亚科(Subfam. Disanthoideae)和马蹄荷亚科(Subfam. Exbucklandioideae)具有结构简单的单毛,为原始类群;枫香亚科(Subfam. Liquidambaroideae)除有单毛外,具有少量2叉毛,为较高级类群;金缕梅亚科(Subfam. Hamamelidoideae)除了具有单毛和2叉毛,还具有3叉毛、4叉毛和星状毛,为高级类群。任强等^[28]从8种桑属植物叶表皮非腺毛特征的演化,推测桑属植物演化水平由低到高依次为长穗桑、蒙桑→川桑、白桑、山桑、广东桑→鸡桑、华桑。

根据Theobald等^[33]的观点,在一个大的类群中,非腺毛可能有着无数独立的起源,依照简单到复杂的演化途径,分化出结构复杂的非腺毛。据统计^[34-35],在双子叶植物中已发现180科具单毛,84科具星状毛,62科具鳞片(有些科同时具几种类型的表皮毛),可见单毛的分布具有普遍性。根据原始性状普遍性原则^[36],可以认为在双子叶植物中,单毛是原始性状,星状毛和鳞片是次生性状。罗艳^[37]在研究栎属青冈亚属(*Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis*)的叶表皮时,认为毛被可能遵循以下的演化规律:乳突—单毛—星状毛;星状毛依照从简单到复杂的演化途径,分化出各种形态各异和结构复杂的毛系。张吉科等^[38]通过研究中国沙棘(*Hippophae rhamnoides*)表皮毛,认为表皮毛之间的演化关系为非螺旋状表皮毛系统:单细胞非腺毛—星毛—星盾毛—盾毛;螺旋状表皮毛系统:螺旋状星毛(星毛的衍化类型)—螺旋状星盾毛—螺旋状盾毛。

5 非腺毛形态在(药用)植物鉴别中的应用

利用非腺毛的有无以及非腺毛的类型及其长度、细胞数、细胞壁厚薄等特征对药用植物或药材进行有效的鉴别。如《中华人民共和国药典》^[39]收录的大多数全草类、叶类、花类和部分果实药材的显微鉴别中描述非腺毛为重要的鉴别特征:一枝黄花(*Solidago decurrens*)、九里香(*Murraya exotica*)、广藿香(*Pogostemon cablin*)、车前草(*Plantago depressa*)、山楂叶(*Crataegus pinnatifida*)、金银花(*Lonicera japonica*)、月季花(*Rosa chinensis*)、马钱子

(*Strychnos nux-vomica*)、化橘红(*Citrus grandis*)等。

5.1 非腺毛用于植物类药材真伪鉴别

根据非腺毛的有无、数量、形态,非腺毛的长度、毛颜色以及着生部位的不同可以鉴别药用植物的真伪。如水杨梅(*Geum aleppicum*)与仙鹤草(*Agri-monia pilosa*)形态相似,但水杨梅茎叶光滑,而仙鹤草茎、叶密生非腺毛^[3]。汪海斌等^[40]对市场上销售的薄荷(*Mentha haplocalyx*)及其混伪品留兰香(*M. spicata*)进行微性状鉴别,薄荷叶上表面的非腺毛明显长于留兰香,薄荷叶叶缘和叶脉主脉存在大量的非腺毛,而留兰香叶缘和叶脉主脉则很少有非腺毛。张先达等^[41]对南大青叶(*Baphicacanthus cusia*)及其混伪品进行体视镜特征比较,南大青叶叶柄、主脉及侧脉密被棕褐色毛茸,其伪品非腺毛各有不同:球花马蓝(*Strobilanthes pentstemonoides*)叶柄及主脉疏被棕黄色毛茸,侧脉无毛;广西马蓝(*S. guangxiensis*)叶柄、主脉、侧脉均无毛。马逾英等^[42]对灰毡毛忍冬(*Lonicera macranthoides*)与细毡毛忍冬(*L. similis*)的鉴定,发现灰毡毛忍冬非腺毛众多,为倒生的短糙伏毛;而细毡毛忍冬非腺毛较稀疏。乔洁^[43]根据覆盆子(*Rubus chingii*)及其伪品绵果悬钩子(*R. lasiostylus*)的显微特征,发现绵果悬钩子非腺毛比覆盆子的细长,其形态也不同,覆盆子非腺毛表面观圆多角形或长圆形,而绵果悬钩子非腺毛呈长条形。

5.2 不同来源物种鉴别

同种药材不同来源物种非腺毛特征可能不同。如大青(*Clerodendrum cyrtophyllum*)叶、蓼蓝(*Polygonum tinctorium*)叶、菘蓝(*Isatis indigotica*)叶和马蓝(*Baphicacanthus cusia*)叶是大青叶4种商品来源,但他们叶表面非腺毛有区别:松蓝叶无非腺毛;蓼蓝叶叶缘表面有稀疏的白色细刺状非腺毛,单细胞,壁疣不明显;大青叶叶脉有疏毛,非腺毛1~3个细胞组成,壁疣明显;马蓝叶常由6个细胞组成,为塔式非腺毛^[3,44]。利用非腺毛不同特征可以鉴别不同来源物种。王秀霞等^[45]分别对金钱草(*Lysimachia christinae*)和连钱草(*Glechoma longituba*)粉末显微特征进行比较,金钱草的粉末非腺毛多细胞组成,平直或弯曲,有的细胞呈缢缩状,表面可见细条纹,细胞含黄棕色物;连钱草的粉末非腺毛多细胞常有一至几个细胞缢缩,另有单细胞锥状非腺毛。高敏等^[30]通过比较分析五种淫羊藿药典种植物粉末特

征,叶背面非腺毛形态可作为5种来源药材鉴定的依据。陈建南等^[46]对4种不同基原的溪黄草药材的叶表皮以及叶粉末进行显微鉴定,他们的非腺毛均存在不同程度的差异性。

有些药材原植物的非腺毛类型不同,可以起到鉴别作用。甘青梅等^[47]根据非腺毛类型的不同对3种绿绒蒿属(*Meconopsis*)植物进行了区分,全缘叶绿绒蒿(*M. integrifolia*):非腺毛细长条状(直径15~27 μm),边缘细胞呈长条刺状;红花绿绒蒿(*M. punicea*):非腺毛粗长条状(直径15~35 μm),边缘细胞呈短刺突状;五脉绿绒蒿(*M. quintuplinervia*):非腺毛细长条状(直径10~18 μm),边缘细胞呈锐刺状。邱燕祥等^[48]以6种紫珠叶片上、下表皮着生的毛茸类型作为显微鉴别的主要依据,其对6种紫珠叶整体显微鉴定,结果表明:杜虹花(*Callicarpa formosana*)和枇杷叶紫珠(*C. kochiana*)均具有星状毛、多轮分枝毛及单轮分枝毛;大叶紫珠(*C. macrophylla*)不具有星状毛;老鸦糊(*C. giraldii*)具有星状毛,且呈多轮迭生的状态;窄叶紫珠(*C. japonica* var. *angustata*)具有单、多细胞非腺毛和星状毛;而广东紫珠叶无非腺毛。

利用植物体表面非腺毛数量上的差异也可以鉴别药材原植物。刘安韬等^[49]对无柄果钩藤(*Uncaria sessilifructus*)和华钩藤(*U. sinensis*)显微结构进行比较发现,无柄果钩藤茎表面被较多非腺毛,而华钩藤茎表面基本没有非腺毛,表明茎表面的非腺毛数量的差异可作为鉴别两者的依据之一。王振旺等^[50]也通过非腺毛数量的多少对达乌里苾苣(*Cymbaria dahurica*)(非腺毛甚多)和蒙古苾苣(*C. mongolica*)(非腺毛较少)2种苾苣属植物进行鉴别。

5.3 不同栽培品系鉴别

同药材不同栽培品系植物非腺毛特征可能不同。张山山等^[51]通过扫描电子显微镜观察和测量金银花花蕾非腺毛的性状特征,利用长度和密度数据对22个栽培居群进行主成分分析,可将22个栽培居群分为5组:居群广西-山东引种,云南亚特,湖南九丰一号各成一组,河北山花子和河北大麻花为一组,其他17个居群为一个大类群。非腺毛密度差异可将金银花鸡爪花系与毛花系分开。李建军等^[52]通过观察怀地黄不同主栽品种叶的上下表皮非腺毛的密度,将地黄品种分为密毛类(生津、沁怀、怀地2号和怀地3号);寡毛类(85-5、北京1号、北京3号和怀地1号)。因此,叶的非腺毛密度可直接用于怀地黄

栽培品种的鉴别。

6 结果与讨论

表皮非腺毛是植物叶表皮上常见附属物,对植物具有减少叶片蒸腾作用,防辐射、防止低温侵袭、防止动物侵害等作用。不同近缘种中非腺毛存在及演化过程与所生长的环境相适应的,如干旱环境植物(物种)非腺毛一般比潮湿环境植物(物种)非腺毛多,寒冷环境植物非腺毛一般比暖和环境中的多且长。不同植物表皮非腺毛形态特征多样性,并既有多变性也有稳定性的特点,决定了其可用于很多植物的属内种间、种内居群间的分类研究,以及广泛用于植物药材的鉴别。但由于非腺毛形态的多样,发育过程的多变性,利用非腺毛进行分类和演化分析时,除了进行形态的观察和归类外,应注重非腺毛在不同类群中的个体发育过程。用于药材鉴定时,应注意需要有足够的样本数量,才能总结出共性和个性的鉴别特征。

参考文献

- [1] 梁红平,任宪威,刘一樵.中国常绿栎类叶表皮毛形态与分类的研究[J].植物分类学报,1990,28(2):112-121.
- [2] 何顺志.中国淫羊藿属植物彩色图鉴[M].贵州:贵州科技出版社,2014.
- [3] 李炳生.中药材的非腺毛特征鉴定[J].时珍国医国药,2001,12(5):395-395.
- [4] 杨春澍,曾万章,万德光,等.药用植物学[M].上海:上海科学技术出版社,1997.
- [5] 毛学文.植物的毛状体[J].生物学教学,2002,27(11):38-39.
- [6] 冯承浩,吴鸿,赵晨.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,2006,27(1):88-91.
- [7] 黄珊珊,廖景平,吴七根.羽叶薰衣草表皮毛的发育解剖学研究[J].热带亚热带植物学报,2006,14(2):134-140.
- [8] 王玲娜,姜秋,张永清.不同发育时期忍冬花蕾或花的显微特征比较研究[J].时珍国医国药,2015,26(11):2770-2771.
- [9] 涂嵩,吴涛,赵良成,等.伯乐树不同发育阶段叶片表面附属结构特征[J].植物分类与资源学报,2012,34(3):248-256.
- [10] 赵芸玉,夏晓飞,熊彪,等.臭椿不同发育阶段叶片表面结构特征[J].植物科学学报,2016,34(2):182-190.
- [11] 马红,陶波.不同叶龄鸭跖草叶片显微结构观察[J].作物杂志,2008(4):39-42.
- [12] 杨美娟.荆条叶片解剖结构及其生态适应性研究[J].湖

- 北农业科学,2014,53(10):2356-2358.
- [13] 戴怡龄,安黎哲,陈拓,等.寒区不同海拔橘黄罂粟叶片结构特征的比较研究[J].西北植物学报,2004,24(3):495-503.
- [14] 余师珍.小小麦芒作用大[J].植物杂志,1983(3):24.
- [15] 李学真.漫谈植物的表皮毛[J].植物杂志,1980(4):13-14.
- [16] 魏学元.浅谈高等植物的毛[J].生物学通报,1988(10):10,18.
- [17] 虎保平,鲍祖胜,周晓榕,等.寄主挥发物、叶色和表皮毛在美洲斑潜蝇寄主选择中的作用[J].生态学报,2004,24(3):547-551.
- [18] Tozin L R D S, Silva S C D M, Rodrigues T M. Non-glandular trichomes in Lamiaceae and Verbenaceae species; morphological and histochemical features indicate more than physical protection [J]. New Zealand Journal of Botany, 2016, 54(4):446-457.
- [19] 王涛,刘世勇,王龙,等.18种(1变型)鼠尾草属植物叶表皮及表皮毛微形态特征研究[J].广西植物,2015,35(2):178-186.
- [20] 刘世彪,陈菁,胡正海.7种番荔枝果树的叶片结构及其与抗寒性关系研究[J].果树学报,2004,21(3):241-246.
- [21] 尤凤丽,曲丽娜,胡敏,等.委陵菜属植物叶表皮微形态及其与环境关系[J].安徽农业科学,2010,38(23):12424-12426.
- [22] 马春英,王文全,赵玉新,等.乌拉尔甘草叶片解剖结构的研究[J].中国中药杂志,2009,34(8):1034-1037.
- [23] 刘玉冰,李新荣,李蒙蒙,等.中国干旱半干旱区荒漠植物叶片(或同化枝)表皮微形态特征[J].植物生态学报,2016,40(11):1189-1207.
- [24] 李蒙蒙,刘丹,刘玉冰.基于叶片微形态结构评价10种锦鸡儿属(Caragana)植物的抗旱特征[J].中国沙漠,2016,36(3):708-717.
- [25] 符亚儒,麻保林,王子玲,等.陕北风沙区4种乡土树种适应干旱环境的特性及利用前景[J].中国沙漠,2005,25(3):386-390.
- [26] 燕玲,李红,贺晓,等.阿拉善地区9种珍稀濒危植物营养器官生态解剖观察[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2000,21(3):65-71.
- [27] 刘家琼,丘明新.我国荒漠特有的常绿植物——沙冬青的生态生理及解剖学特征[J].植物生态学报,1982,11(6):78-84.
- [28] 任强,杨晓红,邹义冬,等.桑属植物的叶表皮特征及其分类学意义[J].江苏农业科学,2015,43(11):328-333.
- [29] 何子灿,钟扬,刘洪涛,等.中国猕猴桃属植物叶表皮毛微形态特征及数量分类分析[J].植物分类学报,2000,38(2):121-136.
- [30] 高敏,冯学锋,郭宝林,等.淫羊藿药典品种显微鉴别研究[J].中国中药杂志,2009,34(23):3123-3125.
- [31] 杨旭,杨志玲,麦静,等.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,2016,36(11):1335-1343.
- [32] 方炎明,樊汝汶.中国金缕梅科叶表皮毛的变异与演化[J].植物分类学报,1993,31(2):147-152.
- [33] Theobald W L, K raholik J L, Rollins R C. Anatomy of the Dicotyledons[M]. Oxford:Clarendon Press,1979.
- [34] Metcalf C R, Chalk L. Anatomy of the Dicotyledons[M]. Oxford:Clarendon Press,1979.
- [35] Cronquist, J. M. An integrated system of Classification of Flowering Plants[M]. Columbia University Press,1981.
- [36] 路安民.被子植物系统学的方法论[J].植物学通报,1985,3(3):21-28.
- [37] 罗艳,周浙昆.栎属青冈亚属植物叶表皮研究[J].植物分类学报,2001,39(6):489-501.
- [38] 张吉科,张小民,张国伟.中国沙棘表皮毛的形态分布和类群研究[J].林业科学,1995,31(5):408-413.
- [39] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].北京:中国医药科技出版社,2015.
- [40] 汪海斌,袁如柏,周建理,等.薄荷与留兰香的非腺毛微性状鉴别[J].安徽中医药大学学报,2016,35(3):84-85.
- [41] 张先达,陈奕龙,张丹雁.南大青叶及其混伪品生药学研究[J].广州中医药大学学报,2016,33(6):860-867.
- [42] 马逾英,卢晓琳,翟萌,等.几种中药材及其混伪品的微性状对比鉴别[J].中国中药杂志,2012,37(8):1161-1164.
- [43] 乔洁.覆盆子的真伪鉴别[J].内蒙古中医药,2014,33(2):39.
- [44] 滕杰,李庆.4种大青叶的鉴别要点[J].时珍国医国药,2006,17(4):612-612.
- [45] 王秀霞,刘华勉.金钱草与连钱草的区别[J].基层医学论坛,2006,10(4):132-132.
- [46] 陈建南,蒋东旭,赵爱国,等.溪黄草药材的显微鉴别研究[J].广州中医药大学学报,2006,23(1):52-55.
- [47] 甘青梅,杨文莲.藏药“绿绒蒿”的粉末显微鉴定[J].中国民族民间医药,1995,13(3):38-40.
- [48] 邱燕祥,曹曼,张丹雁,等.6种紫珠属药材的性状半显微及显微比较鉴别研究[J].安徽农业科学,2015,43(16):43-48.
- [49] 刘安韬,张婷,梁晓乐.华钩藤与无柄果钩藤显微结构对比研究[J].北方药学,2014,11(4):10-11.
- [50] 王振旺,董永和,邬国栋,等.蒙药芯芭粉末及茎横切片的显微鉴别[J].包头医学院学报,2012,28(5):7-8.
- [51] 张山山,袁媛,黄璐琦,等.栽培金银花非腺毛性状特征研究[J].中国中药杂志,2015,40(3):390-394.
- [52] 李建军,王莹,贾国伦,等.怀地黄不同主栽品种叶形态特征比较[J].中国中药杂志,2012,37(14):2061-2066.

(收稿日期 2017-10-20)