

蓝草类药材基原植物叶片表皮显微结构研究

白云俊, 赵玉洋, 金艳, 付璐, 袁媛

Study on leaf epidermal microstructure of medicinal blue herbs

BAI Yunjun, ZHAO Yuyang, JIN Yan, FU Lu, YUAN Yuan

在线阅读 View online: <http://yxsj.smmu.edu.cn/cn/article/doi/10.12206/j.issn.2097-2024.202404069>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

丹参*FBXL* 基因家族的鉴定和表达模式分析

Identification and expression pattern analysis of *FBXL* gene family in *Salvia miltiorrhiza*

药学实践与服务. 2024, 42(11): 461-470 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202407034

中药青蒿抗氧化活性的谱效关系研究

Study on spectrum-effect relationship based on antioxidant activity of *Artemisiae Annuae Herba*

药学实践与服务. 2024, 42(5): 203-210, 216 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202211012

新斯的明与山莨菪碱联合应用对肺型氧中毒的保护作用及其机制的研究

Protective effect and mechanisms of neostigmine in combination with anisodamine against pulmonary oxygen toxicity

药学实践与服务. 2024, 42(10): 433-438, 444 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202310049

基于网络药理学和分子对接技术研究金芪清疏颗粒治疗社区获得性肺炎的潜在机制

Study on the potential mechanism of JQQSG for the treatment of CAP based on network pharmacology and molecular docking technology

药学实践与服务. 2024, 42(11): 471-478 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202312014

中外药品应急审批制度对比研究

Comparative study on pharmaceutical emergency approval systems in China and other countries

药学实践与服务. 2024, 42(8): 359-364 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202310015

大黄的HPLC指纹图谱及禁用农药的残留研究

HPLC fingerprint of *Radix Rhubarb* and forbidden pesticide residues

药学实践与服务. 2024, 42(7): 297-304, 314 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202310057



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

· 论著 ·

蓝草类药材基原植物叶片表皮显微结构研究

白云俊^a, 赵玉洋^a, 金艳^a, 付璐^b, 袁媛^c (中国中医科学院: a. 中药资源中心, 道地药材品质保障与资源持续利用国家重点实验室, b. 中国医史文献研究所, c. 医学实验中心, 北京 100700)

【摘要】 目的 蓝草类药材复杂的基原演变历程可能导致混伪品的出现, 影响临床用药的准确性。该文为叶片入药的蓝草类药材提供叶表皮显微结构鉴定依据。方法 系统整理蓝草类药材所涉及的物种及其近缘种(4属10个物种), 利用光学显微镜和扫描电子显微镜对其叶表皮显微结构进行观察分析, 建立了基于显微结构的物种检索表。结果 综合气孔器分布位置、副卫细胞类型、气孔指数、气孔密度、表皮细胞垂周壁形态以及表皮附属物等特征可准确区分大青属大青、蓼属蓼蓝、菘蓝属菘蓝、宽翅菘蓝、三肋菘蓝和小果菘蓝, 马蓝属翅柄马蓝、曲枝假蓝、球花马蓝和板蓝等物种。结论 叶表皮显微特征可准确区分蓝草类叶类药材的基原。

【关键词】 蓝草类药材; 叶片; 显微结构; 物种鉴定

【文章编号】 2097-2024(2025)04-0174-06

【DOI】 10.12206/j.issn.2097-2024.202404069

Study on leaf epidermal microstructure of medicinal blue herbs

BAI Yunjun^a, ZHAO Yuyang^a, JIN Yan^a, FU Lu^b, YUAN Yuan^c (a. State Key Laboratory for Quality Assurance and Sustainable Use of Dao-di Herbs, National Resource Center for Chinese Materia Medica, b. China Institute for History of Chinese Medicine and Medical Literature, c. Experimental Research Center, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China)

【Abstract】 Objective The complex evolutionary history of the origin of medicinal blue herbs might result in the presence of adulterants, affecting the accuracy and safety of clinical medication. To provide a reference basis for the identification of medicinal blue herbs with leaves as the medicinal part, based on the leaf epidermis microstructure. **Methods** The species belonging to medicinal blue herbs and their close relatives (10 species from 4 genera) were systematically investigated. The leaf epidermis microstructure of these species was observed and analyzed by optical microscopy and scanning electron microscopy. A species retrieval table was established based on the microstructure characteristics. **Results** By combining the distribution of stomata, types of subsidiary cells, stomatal index, stomatal density, characteristics of the periclinal walls of epidermal cells, and epidermal appendages, the species *Clerodendrum cyrtophyllum*, *Polygonum tinctorium*, *Isatis indigotica*, *I. violascens*, *I. costata*, *I. minima*, *Strobilanthes wallichii*, *S. dalzielii*, *S. pentstemonoides*, and *S. cusia* can be accurately distinguished. **Conclusion** Microscopic characteristics of leaf epidermis can provide reference data for accurately differentiating the botanical origins of medicinal blue herbs.

【Key words】 medicinal blue herbs; leaf; microstructure; species identification

源于药用蓝草类植物的药材统称为蓝草类药材, 具有清热解毒、凉血消斑的功效。《中国药典》(2020版)中收录的蓝草类药材有大青叶、蓼大青叶、板蓝根、南板蓝根、青黛5种, 其中大青叶和板蓝根基原为十字花科植物菘蓝(*Isatis indigotica*), 蓼大青叶为蓼科植物蓼蓝(*Polygonum tinctorium*),

南板蓝根为马蓝(*Baphicacanthus cusia*), 而青黛为多基原药材, 包括爵床科植物马蓝、蓼科植物蓼蓝或十字花科植物菘蓝^[1]。

尽管药典目前明确给出了蓝草类药材确切的基原, 然而在历史时期, 该类药材的基原却经历了复杂的演变历程^[2-4]。蓝草最早以果实入药(蓝实), 主流基原为蓼科植物蓼蓝, 汉代后又出现了十字花科菘蓝, 唐代后基原扩展至爵床科马蓝、豆科木蓝(*Indigofera tinctoria*)、菊科植物吴蓝等, 宋代出现“板蓝根”, 其主流基原为马蓝, 并自清代逐步被菘蓝替代, 而马蓝则成为了南板蓝根的基原; 大青叶历代主流基原为马鞭草科大青(*Clerodendrum*

【基金项目】 国家重点研发计划(2022YFC3500901); 国家自然科学基金面上项目(82274053); 中国中医科学院科技创新工程项目(CI2023E002, CI2021A04001)

【作者简介】 白云俊, 博士, 助理研究员, 研究方向: 中药鉴定与分子生药, Email: baiyunjun@126.com

【通信作者】 袁媛, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 中药鉴定与分子生药, Email: y_yuan0732@163.com

cyrtophyllum), 而自清代以来, 逐步被菘蓝、蓼蓝等蓝草替代; 早期青黛为外国传入的贝壳类蓝色染料, 后将制作蓝淀时染缸上浮沫称为青黛^[5]; 之后, 不同版本的《中国药典》记载了青黛的不同基原, 如 1963 版药典记载青黛的基原为马蓝、菘蓝、木蓝、蓼蓝, 1977 版药典将青黛基原改为马蓝、菘蓝、蓼蓝和豆科植物野青树(*Indigofera suffruticosa*), 自 1990 版的药典开始, 仅包括马蓝、菘蓝、蓼蓝 3 种。

复杂的药材基原往往导致药材市场混伪品的出现, 影响临床用药的准确性。尽管蓝草类药材的药效相似, 但是临床应用的侧重点却略有差异, 比如大青叶长于凉血消斑, 对瘟病毒盛发斑者较为适宜^[6]; 蓼大青叶在抗病毒、抗炎作用上优于大青叶^[7]; 板蓝根长于解毒利咽, 对感冒而致的咽喉肿痛、头面红肿者更为适宜; 青黛长于泻肝定惊, 擅长于治疗肝火犯肺咳嗽及温病抽搐^[8-9]。因此, 建立一套针对这类药材的鉴定标准, 有助于确保临床用药的准确性。

叶片是蓝草类药材的主要入药部位, 叶形、叶脉、叶表皮显微结构是开展叶片类药材分类鉴定的主要依据。然而, 在药材炮制后, 叶片被切段或打碎, 丧失了叶形和叶脉特征, 这使得叶表皮显微特

征成为了鉴定上述叶类药材的主要依据。这些显微特征包括表皮细胞的形状、气孔器的类型、表皮附属物分布等特征, 可为鉴定叶类药材的基原提供重要参考。

前人基于叶表皮显微特征开展了大青属内物种的叶片鉴定研究^[10-11], 结果显示不同物种植物叶片的显微结构具有明显差异, 但蓝草类药材涉及到多个科属, 只有尽量涵盖历史文献中所涉及的物种, 才可为药材的准确鉴别提供更加全面的参考标准。本文系统整理了蓝草类所涉及的物种及其近缘种(隶属于 3 科 4 属, 共 10 个物种), 基于光学显微镜和扫描电子显微镜, 开展上述物种叶片显微特征的分析, 该研究将为以叶片入药的蓝草类药材准确的物种鉴定提供参考依据。

1 材料和方法

本文共收集 10 个物种(表 1), 菘蓝采集于北京延庆艾药园菘蓝种植基地, 其余 9 种来自于中国科学院植物研究所国家标本馆(PE), 遵守标本馆的取样规定, 所有材料取自蜡叶标本台纸上粘附的小包内的叶片碎片, 未对标本造成破坏。

表 1 蓝草类相关药材的取样信息 (PE 馆)

中文名	拉丁文	采集人	采集号	采集地	采集时间
大青	<i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	武陵队	1482	中国湖南	1988-09-29
蓼蓝	<i>Polygonum tinctorium</i>	-	津武161	中国天津	1972-08-23
宽翅菘蓝	<i>I. violascens</i>	N. Androssow	s.n.	俄罗斯	1902-04-09
三肋菘蓝	<i>I. costata</i>	关克俭	582	中国新疆	1957-06-02
小果菘蓝	<i>I. minima</i>	-	F253	中国甘肃	1964-05-13
翅柄马蓝	<i>Strobilanthes wallichii</i>	湘西考察队	698	中国湖南	1984-09-02
曲枝假蓝	<i>S. dalzielii</i>	K.Y. Chan	1263	中国香港	1973-10-10
球花马蓝	<i>S. pentstemonoides</i>	姜恕, 赵从福	0351	中国西藏	1967-11-04
板蓝	<i>S. cusia</i>	236-6队	1419	中国福建	1974-09-12

将冰醋酸和双氧水 1 : 1 混合, 然后在 50℃ 水浴中对获取的叶片碎片进行加热, 在体视显微镜(Nikon SMZ1000)下分离叶片上下表皮, 进而用甘油封装成临时制片, 最终于光学显微镜(Leica DM4M)和扫描电子显微镜(Hitachi S-3400N)下观察分析。表皮结构的描述采用 Dilcher 提出的术语体系^[12]。

利用下列公式计算气孔指数(SI): $SI=100 \times SD/(ED+SD)$ ^[13], 其中 SD 为气孔密度, 即单位面积内气孔数目, ED 为表皮细胞密度, 即单位面积内除

气孔外的其他表皮细胞数目。

2 结果

本文从表皮细胞形状、细胞垂周壁形态、气孔器类型、表皮附属物等指标对 10 个物种进行详细分析(表 2, 图 1、2)。光镜下观察有利于开展植物气孔和表皮细胞分布式样以及气孔密度的分析; 电镜下观察有利于进行表皮细胞附属物以及气孔副卫细胞式样的分析, 分析结果表明, 10 个物种表皮结构特征具有显著差异。

表2 蓝草类药材叶表皮显微特征

物种	表皮细胞		气孔器		表皮附属物	
	形状	垂周壁	分布位置	副卫细胞	刚毛	非腺毛/腺毛
大青	上下表皮细胞均呈不规则多边形	强烈弯曲,下表皮细胞比上表皮细胞弯曲更明显,形成“拼图状”图案	下表皮	无规则型	上下表皮均有分布,非叶脉处为圆形刚毛,叶脉上刚毛常为倒钩形	腺毛在上下表皮均有,稀疏分布
菘蓝	上下表皮细胞均呈不规则多边形	上下表皮弯曲程度一致,相对平直	上下表皮均有分布	无规则型	未发现	未发现
蓼蓝	上下表皮细胞均呈不规则多边形	上表皮细胞较平直,下表皮细胞较弯曲,形成“拼图状”图案	上下表皮均有分布	平列型	未发现	上下表皮四细胞腺毛,三细胞非腺毛
宽翅菘蓝	上下表皮细胞均呈不规则多边形	上表皮细胞比下表皮细胞弯曲程度更明显	上下表皮均有分布	无规则型	未发现	未发现
三肋菘蓝	上下表皮细胞均呈不规则多边形	上表皮细胞比下表皮细胞弯曲程度更明显	上下表皮均有分布	无规则型	未发现	未发现
小果菘蓝	上下表皮细胞均呈不规则多边形	上表皮和下表皮细胞均强烈弯曲,呈“拼图状”图案	上下表皮均有分布	无规则型	未发现	未发现
翅柄马蓝	上下表皮细胞均呈不规则多边形	上表皮和下表皮细胞均强烈弯曲,呈“拼图状”图案	下表皮	环细胞型	未发现	多细胞非腺毛主要分布在上下表皮的叶脉处
曲枝假蓝	上下表皮细胞均呈不规则多边形	上表皮和下表皮细胞弯曲程度基本一致	下表皮	聚环细胞型	未发现	上下表皮均有非腺毛分布
球花马蓝	上下表皮细胞均呈不规则多边形	上表皮和下表皮细胞弯曲程度基本一致	下表皮	环细胞型	未发现	上下表皮均有腺毛和非腺毛分布
板蓝	上下表皮细胞均呈不规则多边形	上表皮和下表皮细胞弯曲程度基本一致	下表皮	环细胞型/聚环细胞型	未发现	上下表皮均有腺毛和非腺毛分布

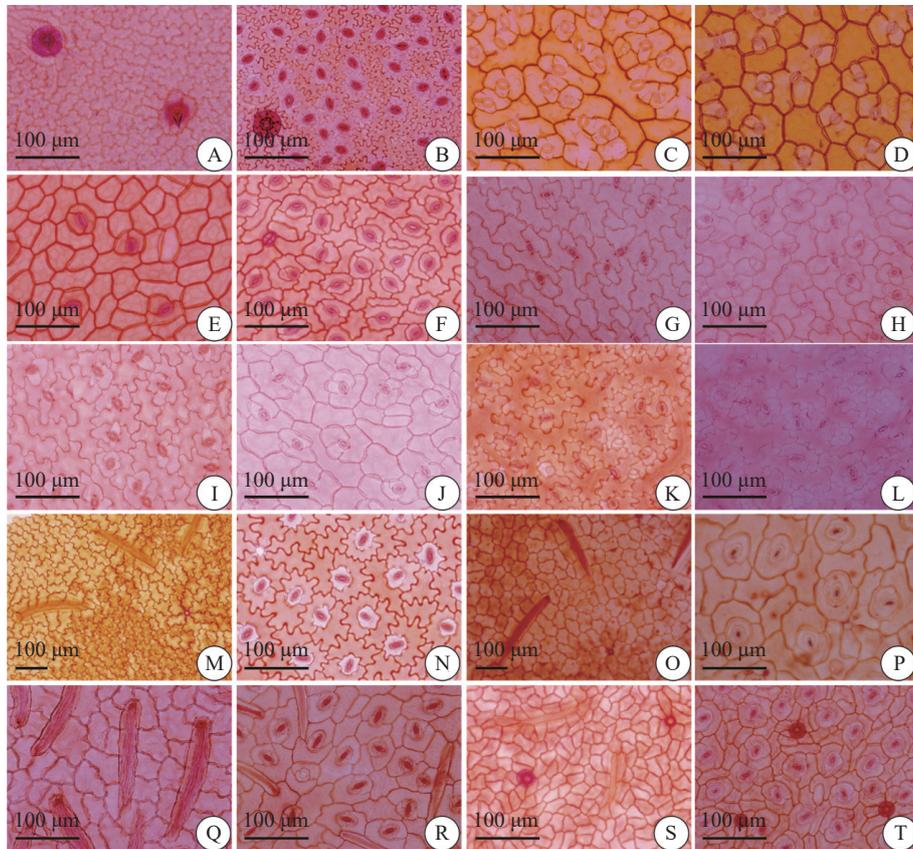


图1 光学显微镜下蓝草类药材的叶表皮显微特征

A-B.大青; C-D.菘蓝; E-F.蓼蓝; G-H.宽翅菘蓝; I-J.三肋菘蓝; K-L.小果菘蓝; M-N.翅柄马蓝; O-P.曲枝假蓝; Q-R.球花马蓝; S-T.板蓝; A、C、E、G、I、K、M、O、Q、S.上表皮; B、D、F、H、J、L、N、P、R、T.下表皮

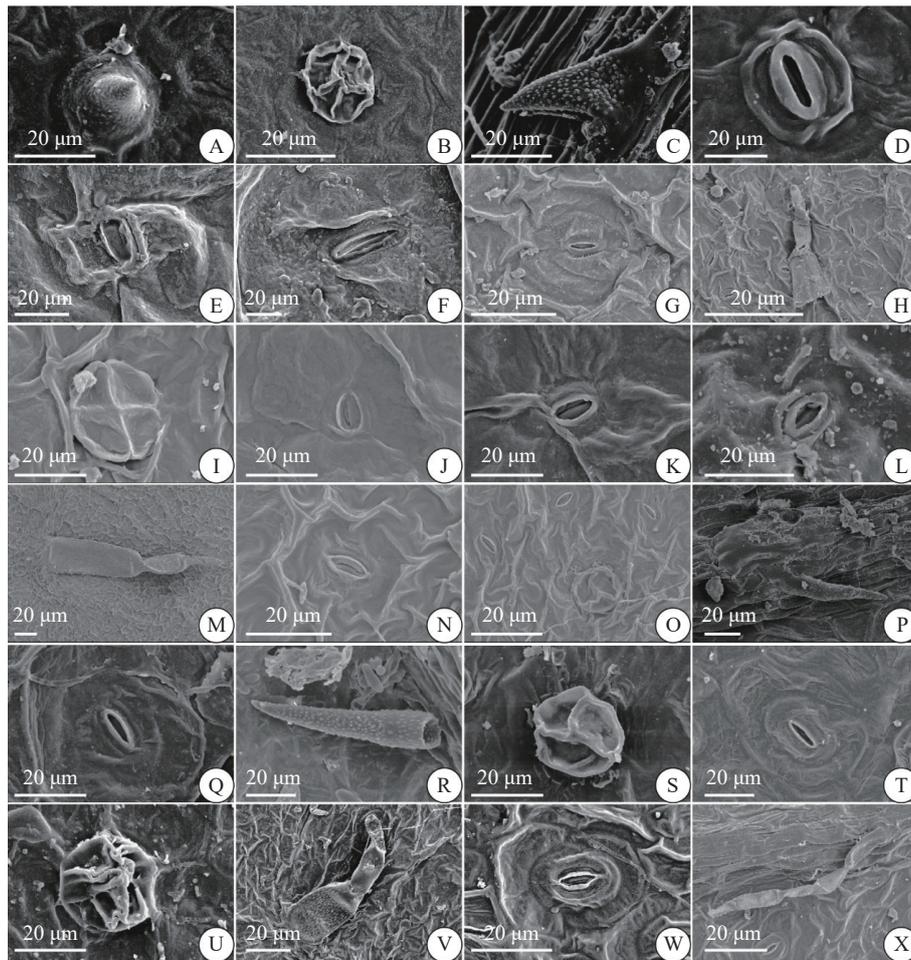


图2 扫描电子显微镜下蓝草类药材的叶表皮显微特征

- A-D.大青; A.上表皮圆形刚毛; B.上表皮毛基; C.下表皮倒钩形刚毛; D.下表皮气孔器;
E-F.菘蓝; E.上表皮气孔器; F.表皮蜡质附属物;
G-I. 蓼蓝; G.上表皮气孔器; H.下表皮三细胞非腺毛; I.下表皮四细胞腺毛;
J.宽翅菘蓝上表皮气孔器; K.三肋菘蓝下表皮气孔器; L.小果菘蓝上表皮气孔器;
M-O.翅柄马蓝; M.上表皮非腺毛; N.下表皮气孔器; O.下表皮腺毛;
P-Q.曲枝假蓝下表皮; P.非腺毛; Q.气孔器;
R-T.球花马蓝; R.上表皮非腺毛; S.下表皮腺毛; T.下表皮气孔器;
U-X.板蓝; U.上表皮腺毛; V.上表皮非腺毛; W.下表皮气孔器; X.下表皮非腺毛

10个物种表皮细胞形态基本一致,均为不规则多边形,但是垂周壁的形态存在显著差异,比如大青(图1A、1B)、蓼蓝(图1E、1F)、小果菘蓝(图1K、1L)、翅柄马蓝(图1M、1N)等物种的垂周壁明显弯曲,形成典型的“拼图”图案,其他物种则相对平直,如球花马蓝(图1Q、1R)、板蓝(图1S、1T)等物种。

根据气孔的分布位置,可将10个物种分为2类,第1类为仅在表皮分布,包括大青(图1A、1B)、翅柄马蓝(图1M、1N)、曲枝假蓝(图1O、1P)、球花马蓝(图1Q、1R)、板蓝(图1S、1T);第2类为在上下表皮均有分布,包括蓼蓝(图1E、1F)、菘蓝(图1C、1D)、宽翅菘蓝(图1G、1H)、三肋菘蓝(图1I、1J)、小果菘蓝(图1K、1L)。关于

这5个物种上下表皮间气孔丰富度的差异,气孔密度和气孔指数指示了基本一致的趋势(表3),比如蓼蓝上表皮的气孔密度和气孔指数均小于下表皮。副卫细胞主要包含3种类型,平列型的物种为蓼蓝(图1E、1F、2G);无规则型的物种包括大青(图1A、1B、2D)、菘蓝(图1C、1D、2E)、宽翅菘蓝(图1G、1H、2J)、三肋菘蓝(图1I、1J、2K)和小果菘蓝(图1K、1L、2L);环细胞型或/和聚环细胞型的物种则包括翅柄马蓝(图1M、1N、2N)、曲枝假蓝(图1O、1P、2Q)、球花马蓝(图1Q、1R、2T)、板蓝(图1S、1T、2W)。

根据表皮附属物的有无,可将10个物种分为2类,第1类为具有刚毛、腺毛/非腺毛或者蜡质层等附属物的物种,包含大青(图2A-2C)、蓼蓝

表3 蓝草类药材叶表皮气孔参数统计*

物种	上表皮						下表皮						比值**	
	SD			SI(%)			SD			SI(%)				
	范围	均值	SE	范围	均值	SE	范围	均值	SE	范围	均值	SE	SD	SI
蓼蓝	66-91	75	3.57	0.09-0.11	0.10	0.00	322-365	339	6.30	0.19-0.21	0.20	0.00	0.22	0.5
菘蓝	239-302	280	9.06	0.24-0.28	0.26	0.01	225-247	236	3.35	0.24-0.26	0.25	0.00	1.19	1.04
宽翅菘蓝	151-203	186	7.76	0.21-0.23	0.22	0.00	239-267	251	3.86	0.21-0.22	0.22	0.00	0.74	1
小果菘蓝	231-283	252	9.28	0.23-0.26	0.24	0.00	220-278	255	8.37	0.24-0.26	0.25	0.00	0.99	0.96
三肋菘蓝	146-165	152	2.74	0.17-0.19	0.18	0.00	179-212	194	5.53	0.21-0.23	0.22	0.00	0.78	0.82

注: SD: 气孔密度(mm⁻²); SI: 气孔指数; SE: 标准误差; *每个物种的气孔参数均统计了6个不同区域; **比值=上表皮气孔参数均值/下表皮气孔参数均值。

(图 2H、2I)和**马蓝属**翅柄**马蓝**(图 2M、2O)、**曲枝假蓝**(图 2P)、**球花马蓝**(图 2R、2S)、**板蓝**(图 2U、2V、2X)4个物种;第2类为未观察到表皮附属物的类群,包括**菘蓝属**4个物种。

3 讨论

表皮细胞特征是一种重要的植物分类学指标,在实际应用中主要基于表皮细胞的形态和垂周壁的弯曲程度^[14]。在本研究的所有类群中,表皮细胞均为不规则多边形,但是垂周壁的弯曲程度呈现显著差异。其中**大青**和**蓼蓝**的下表皮细胞垂周壁的弯曲程度明显高于上表皮细胞,呈现类似“拼图状”图案,这种图案在**小果菘蓝**和**翅柄马蓝**的上下表皮细胞均有呈现。**宽翅菘蓝**和**三肋菘蓝**上表皮细胞垂周壁的弯曲程度高于下表皮细胞。相比于以上类群,**菘蓝**、**曲枝假蓝**、**球花马蓝**和**板蓝**的垂周壁却相对较平直。上述结果表明表皮细胞的形态和垂周壁的弯曲程度在同属内物种间呈现不同的特征,反而在不同属物种间呈现相似的特征。因此,为准确区分这些物种,还需要结合其他的植物学性状。

气孔器是开展植物不同属以及属内种间分类研究的重要指标,主要包括气孔器分布式样、气孔数目多少以及副卫细胞类型等性状^[15]。在本研究类群中,**大青属**和**马蓝属**的气孔器仅分布在下表皮,但前者的副卫细胞为为无规则型,后者则以环细胞型和聚环细胞型为主;**蓼属**和**菘蓝属**的上下表皮均有气孔器的分布,前者副卫细胞为平列型,后者为无规则型,这表明气孔器的分布位置和副卫细胞类型可将4个属区分开。

气孔密度和气孔指数可反应单位面积气孔数目的相对多少,但是气孔密度容易受到环境因

素(如温度、水分等)的影响,气孔指数受这些因素的影响较小,可以更加真实地反应气孔与表皮细胞的相对多少^[16-17]。大气CO₂浓度是影响气孔指数的主要因素,不同植物对大气CO₂波动的响应方式不同,比如随着大气CO₂浓度上升,有些植物气孔指数下降,而有些植物却上升^[16],所以直接对比不同植物的气孔指数的意义不大。计算上下表皮的气孔指数的比值可看出两者气孔数目相对差异,具有一定的分类学价值。因此,本研究仅统计上下表皮均有气孔器分布的物种(表3)。通过计算比值发现,在**菘蓝属**的4个物种中,**宽翅菘蓝**和**三肋菘蓝**的上表皮气孔密度低于下表皮,**菘蓝**上表皮气孔密度高于下表皮,而**小果菘蓝**上下表皮气孔参数基本一致。与**菘蓝属**物种明显不同的是,**蓼属****蓼蓝**的上表皮的气孔密度和气孔指数均小于下表皮,表明了上表皮的气孔器丰富度低于下表皮的气孔器。这些数据表明不同物种上下表皮气孔对大气CO₂的响应方式存在差异。

表皮附属物也具有一定的分类学价值^[18]。在**大青属**中上下表皮发现有刚毛和腺毛分布,**蓼属**和**马蓝属**中上下表皮仅分布有腺毛/非腺毛,而在**菘蓝属**内,上下表皮均没有发现刚毛和腺毛/非腺毛的存在。

基于上述表皮细胞、气孔器及表皮附属物等分类学指标,我们发现仅靠单一指标无法将所有10个物种准确区分开。因此,在进行物种鉴定时,需要整合多个指标。在此我们建立了基于上述性状的物种分类检索表(图3),为**蓝草类药材**的物种鉴定提供参考依据。

本研究以**蓝草类药材**为例,为**叶片类药材**的分类鉴定提供了研究范例,尤其针对**叶类药材**经

1.气孔器仅分布在下表皮.....	2
2.副卫细胞为无规则型.....	大青
2.副卫细胞为环细胞型或/和聚环细胞型.....	3
3.上表皮和下表皮细胞垂周壁均强烈弯曲,呈“拼图状”图案.....	翅柄马蓝
3.上表皮和下表皮细胞相对平直,不呈现“拼图状”图案.....	4
4.上下表皮无腺毛分布,仅有非腺毛分布.....	曲枝假蓝
4.上下表皮腺毛和非腺毛均有分布.....	5
5.副卫细胞为环细胞型.....	球花马蓝
5.副卫细胞含环细胞型和聚环细胞型两种类型.....	板蓝
1.气孔器在上下表皮均有分布.....	6
6.副卫细胞为平列型.....	蓼蓝
6.副卫细胞为无规则型.....	7
7.上表皮和下表皮细胞垂周壁相对较平直,不形成“拼图状”图案.....	菘蓝
7.上表皮和下表皮细胞垂周壁均强烈弯曲,形成“拼图状”图案.....	8
8.上表皮和下表皮细胞垂周壁弯曲程度基本一致.....	小果菘蓝
8.上表皮垂周壁比下表皮细胞垂周壁更加弯曲.....	9
9.上表皮气孔密度小于下表皮气孔密度,但气孔指数基本一致.....	宽翅菘蓝
9.上表皮气孔密度和气孔指数均小于下表皮.....	三肋菘蓝

图3 基于叶片表皮显微特征的蓝草类药材分类检索表

过炮制后为碎片的物种,这将促进临床用药的准确性。

【参考文献】

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)2020年版[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [2] 李园园, 方建国, 王文清, 等. 大青叶历史考证及现代研究进展[J]. *中草药*, 2005, 36(11): 1750-1753.
- [3] 赵晓娟, 李琳, 刘雄, 等. 大青叶的本草学研究、化学成分及药理作用研究概况[J]. *甘肃中医学院学报*, 2011, 28(5): 61-64.
- [4] 吴佩颖, 王景敏. 大青叶、板蓝根和青黛的本草考证[J]. *上海中医药大学上海市中医药研究院学报*, 1996, 10(1): 50-51.
- [5] 王艺涵, 金艳, 陈周全, 等. 蓝草类药材的本草考证[J]. *中国中药杂志*, 2020, 45(23): 5819-5828.
- [6] 武彦文, 高文远, 肖小河. 大青叶的研究进展[J]. *中草药*, 2006, 37(5): 793-796.
- [7] 肖耀军. 探析大青叶与蓼大青叶的区别使用[J]. *首都医药*, 2012, 19(20): 48-49.
- [8] 陈蓉. 大青叶, 板蓝根与青黛[J]. *开卷有益-求医问药*, 2016, (9): 52.
- [9] 苏新民. 清热解毒, 菘蓝各部各有侧重[J]. *医师在线*, 2016, 6(33): 37.
- [10] 何雨晴, 谷青青, 钱群刚, 等. 湘产大青叶(栽培品)形态解剖学研究[J]. *亚太传统医药*, 2018, 14(11): 66-68.
- [11] 乔娟娟, 依泽, 陆耕宇, 等. 大青属6种药用植物叶片的显微鉴别研究[J]. *现代中药研究与实践*, 2016, 30(3): 10-15.
- [12] DILCHER D L. Approaches to the identification of angiosperm leaf remains[J]. *Bot Rev*, 1974, 40(1): 1-157.
- [13] SALISBURY E J. On the causes and ecological significance of stomatal frequency, with special reference to the woodland flora[J]. *Phil Trans R Soc Lond B*, 1928, 216(431-439): 1-65.
- [14] 熊雪芬, 周本庚, 毛春燕, 等. 湖北省楠属植物叶表皮微形态特征及其分类学意义[J]. *西北植物学报*, 2024, 44(4): 662-672.
- [15] 雒宏佳, 刘亚斌, 常朝阳. 29种中国野豌豆属植物叶表皮微形态特征及其系统学意义[J]. *西北植物学报*, 2015, 35(1): 76-88.
- [16] ROYER D L. Stomatal density and stomatal index as indicators of paleoatmospheric CO₂ concentration[J]. *Rev Palaeobot Paly-nol*, 2001, 114(1-2): 1-28.
- [17] KOUWENBERG L L, MCELWAIN J C, KÜRSCHNER W M, et al. Stomatal frequency adjustment of four conifer species to historical changes in atmospheric CO₂[J]. *Am J Bot*, 2003, 90(4): 610-619.
- [18] 黄姗, 杨韩, 苏春, 等. 中国黄耆属糙叶组叶表皮毛状体微形态学特征[J]. *西北植物学报*, 2018, 38(9): 1646-1658.

[收稿日期] 2024-04-19 [修回日期] 2024-11-13

[本文编辑] 崔俐俊