

## • 专 论 •

## 基于历史传承和科学内涵的植物药材道地性综合评价

杨铁钢<sup>1</sup>, 张 芳<sup>2</sup>, 腊贵晓<sup>1</sup>, 赵玉龙<sup>1</sup>, 程建峰<sup>2\*</sup>, 郭红霞<sup>1\*</sup>

1. 河南省农业科学院中药材研究所, 河南省中药材道地化工程技术研究中心, 河南 郑州 450008

2. 江西农业大学农学院 环境生物学实验室, 江西 南昌 330045

**摘 要:** 道地药材是中医药文化的精髓和中华民族文化的瑰宝, 其道地性评价不仅关系中药产业的科学健康发展, 而且也是推动中医药事业现代化和国际化的关键。近年来盲目引种致使道地产区道地药材种质资源产生了错乱等问题。因此, 首先从历史学角度综述了道地药材的发展历程, 其基本脉络是古人以药效为中心逐渐认识到产地、生境、形态、采收时节和部位、加工炮制方法、储藏方法等因素对药效的作用, 进而分别从“(本草)植物分类学”“遗传学”“生态学”“栽培学”“炮制学”和“药理学”等对道地性所蕴含科学内涵进行解析; 然后, 在此基础上, 提出对某类药材某个基因型(或品种)的道地性评价体系。该评价体系首先是根据主流本草考证、遗传学、植物学、药理学、化学和代谢组学等分析结果, 确定某类药材的“道地基因型居群”, 并以此为标准, 对此后该类药材的某个基因型(或品种)进行较为可靠的道地性评价, 为植物药材道地性的特征辨识、规范种植、品质估测、道地评价、交易流通、综合保护和持续利用提供理论依据与技术参考。

**关键词:** 中药材; 道地药材; 植物药材; 基因型; 道地性; 综合评价

**中图分类号:** R282      **文献标志码:** A      **文章编号:** 0253-2670(2025)02-0377-12

**DOI:** 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.02.001

## Comprehensive evaluation on genuineness of plant medicinal materials based on historical inheritances and scientific connotations

YANG Tiegang<sup>1</sup>, ZHANG Fang<sup>2</sup>, LA Guixiao<sup>1</sup>, ZHAO Yulong<sup>1</sup>, CHENG Jianfeng<sup>2</sup>, GUO Hongxia<sup>1</sup>

1. Henan provincial engineering technology research center of Chinese Medicinal Materials for Genuineness, Institute of Chinese Herbal Medicines, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450008, China

2. Laboratory of Environmental Biology, School of Agricultural Sciences, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China

**Abstract:** Genuine medicinal materials are the essence of traditional Chinese medicine (TCM) culture and treasure of Chinese national culture, and its genuine evaluation is not only related to the healthy and scientific development of TCM industry, but also the key to promote the modernization and internationalization of TCM. In recent years, blind introduction of species has caused problems such as disorder in the germplasm resources of genuine medicinal materials in genuine producing areas. Therefore, this paper reviews the development history of genuine medicinal materials from perspective of historiography, which basic context is that the ancient people gradually realized the effects of origin, habitat, form, harvesting season and location, processing methods, storage methods, and other factors on medicinal effects with the drug effect as the center. Then the scientific connotation of genuineness in genuine medicinal materials was analyzed from the aspects of “(herbal) plant taxonomy”, “genetics”, “ecology”, “cultivation”, “processing”, and “pharmacology”. On this basis, a system was proposed for evaluating the genuineness of a certain genotype (or variety) of a certain type of herb. The initial stage of this evaluation system is to ascertain the “genuine genotype populations” of a specific type of genuine medicinal materials, based on the findings of mainstream herbological, genetic, botanical, pharmacological, chemical and metabolomic analyses. This is subsequently employed as a foundation for a more precise evaluation of the veracity of a specific genotype (or variety)

收稿日期: 2024-08-28

基金项目: 国家中药材产业技术体系山药栽培技术岗位资助项目(CARS-21-02A)

作者简介: 杨铁钢, 研究员, 硕士生导师, 从事中药材资源与生理生态研究。E-mail: ytgha@163.com

\*通信作者: 程建峰, 教授, 博士生导师, 从事植物生理生态研究。E-mail: chjfkarl@163.com

郭红霞, 副研究员, 从事中药材生理生态研究。E-mail: zzghx@126.com

of the same category of medicinal herb in the future. This system provides a theoretical foundation and technical reference for the identification of genuineness of plant medicinal materials, standardization of cultivation, quality estimation, genuineness evaluation, trading and circulation, comprehensive protection and sustainable utilization.

**Key words:** Chinese medicinal materials; genuine medicinal materials; plant medicinal materials; genotype; genuineness; comprehensive evaluation

中药材不仅是中医药文化的精髓，也是中医防病治病的物质基础，其质量与中药饮片和中成药的质量密切相关，临床应用中以道地药材为优选<sup>[1-2]</sup>。道地药材又称“地道药材”，是极具中医药特色的整体性概念，被作为我国传统优质药材的代表，一直是评价药材品质的综合性标准<sup>[3-4]</sup>。道地药材是指在中医长期临床实践中被社会公认的历史悠久且久负盛名、产地特定、栽培精细、产量丰富、炮制考究、品质卓越和功用显著的中药材，具有地域性、特异性、主产性、临床疗效稳定性等特点。在中华民族悠久的历史发展过程中，道地药材饱受沧桑但最终被传承下来，是中华民族的瑰宝，与我国特有的历史背景、生态环境、文化背景及中医药理论等密切相关，并且世界其他民族和国家均未有“道地药材”的提法<sup>[5-8]</sup>。据第四次全国中药资源普查结果，我国中药材共有 18 817 种，其中药用植物 15 321 种，占中药材总数的 81.4%<sup>[9]</sup>。中医临床常用的中药材 400~500 种，其中道地药材的占比不足 40%，但其产值、产量及用量却占 80%以上<sup>[10]</sup>。而近百年，中药材产地和质量发生前所未有的巨变，产地复杂化，品种盲目引种，种质基原错乱，使对某个基因型（或品种）的道地性进行客观评价较为困难<sup>[2]</sup>。因此，建立道地药材的综合评价体系和方法，可以进一步的推动中医药产业可持续发展和利用。历年来，许多研究者以医学古籍为基础，在药材道地性研究方面取得了较多成果，并且国家也发布了一系列的道地药材标准及评价要求。科技部于 2015 年 4 月 25 日，将“常用道地药材及其产区的特征、标准及数字化”纳入科技基础性工作专项；同年 11 月 26 日，中国中药协会发布了《道地药材标准通则（ZGZYXH/T 10-2015）》等 27 个道地药材标准，内容涉及“来源及性状”“历史沿革”“质量要求”“遗传特征”“生境特征”和“栽培、采收及产地加工”等<sup>[11-12]</sup>，其中“质量要求”则以符合《中国药典》指标为准；2022 年 1 月 1 月国家认证认可监督管理委员会发布了《道地药材评价通用要求》<sup>[13]</sup>，评价内容包括道地药材特征（道地产区、药材基原、特

定生产和加工方法、性状特征和临床疗效）和道地药材生产管理（环境安全、投入品、包装、贮藏及运输、文件管理及产品可追溯性）这 2 个方面进行了描述性规定。2005 年，郭宝林<sup>[14]</sup>提出一般难以用 1 个或少数几个化合物的含量来评判道地药材的优劣，应以多个角度进行深入研究和科学评价；李萍等<sup>[15]</sup>认为中药的质量评价应逐步实现“看的准”“找到准”“测得准”，制订出“达到行业标杆、得到国际公认”的质量标准；吴巍等<sup>[16]</sup>在 2011 年提出了道地药材的评价模式，以品种、生长环境、栽培及加工技术、疗效、活性成分和其他作为评价道地药材的指标；而后刘方舟等<sup>[17-19]</sup>又分别对当归、栀子和丹参从本草考证、性状特征、化学成分和主成分分析等方面进行了道地性评价；雷捷等<sup>[20]</sup>则基于本草考证、临床实践和道地成因建立了道地性评价体系；赖长江生等<sup>[12]</sup>阐述了“四条原则、六项核心内容、三类关键方法”的道地药材质量标准通则等，这些研究者均从某些方面对道地药材的评价提出了建议，但对道地性的评价多重点关注的是某一产地的某类药材，很少有对某类药材的某个基因型进行道地性评价的研究。因此，本文首先从历史学角度综述了道地药材的形成历程，并以此去解读药材道地性所蕴含的科学内涵；然后根据其科学内涵提出了针对某类药材的道地性评价体系和某类药材的“道地基因型居群”，以其为标准，对此后该类药材的某个基因型（或品种）进行道地性评价。从而为道地植物药材的规范种植、品质估测、道地评价、交易流通、综合保护和持续利用提供理论依据，有助于推动中医药事业标准化、现代化、产业化和国际化的进程。

## 1 道地药材的历史传承

道地药材具有的卓越品质和显著功效是古人经长期临床实践不断认识总结而逐渐形成的，具有鲜明的中国特色文化概念。在中药材发展的历史中，古人首先认识到的是产地对药材的影响。战国时期《吕氏春秋》就提到“阳朴之姜，招摇之桂”，可见先秦时期已认识到产地对药物的重要作用。随

后,古人又进一步认识到生长环境和生长时期对药物的影响。如约成书于战国时期的我国现存最早的医方著作《五十二病方》就提到“堇”(乌头 *Aconitum carmichaeli* Debx.)生“泽旁”<sup>[21]</sup>;梁代陶弘景《本草经集注》中记载:“诸药所生,皆有境界”<sup>[22]</sup>,这些都说明古人很早就认识到生长环境对药物的影响。此外,《黄帝内经》记载到:“岁物者,天地之专精也。非司岁物则气散,质同而异等”<sup>[23]</sup>,成书于东汉时期的《神农本草经》“采造时月、生熟、图地所出、真伪、陈新,并各有法”<sup>[24]</sup>,南北朝雷敫在《雷公炮炙论》载有“炮制十七法”,并要求“各尽其宜”<sup>[25]</sup>,这些均表明古人很早就认知到药材的药效与采收时间及加工炮制方法密切相关。

唐代以后,随着古人对特定生态环境影响同一药材产生种内变异有了充分的认识后,又进一步深刻发现采收时间、加工炮制及贮藏方法的重要作用,这也成为道地药材名称由来的主要依据。如唐代苏敬在药物普查基础上编著《新修本草》,其中记载了大量的道地药材知识,第1次使用“道”对中药材的产地进行描述,指出:“窃以动植形生,因方抑性,春秋节变,感气殊功。离其本土,则质同而效异”<sup>[26]</sup>;唐代孙思邈在《备急千金要方》中提出“用药必依止地,所以治十得九”<sup>[27]</sup>,并在《千金翼方》中记载“出药土地,凡一百三十三州,合五百一十九种。其余州土,皆有不堪进御,故不繁录”“夫药采取,不知时节,不依阴干暴干、虽有药名,终无药实,故不依时采取与朽木不殊,虚费人工,卒无裨益”<sup>[28]</sup>等。宋代苏颂《图经本草》所载635种药材,有93幅附图,多数图名前冠有地名,涉及150个州郡<sup>[29]</sup>;北宋寇宗奭《本草衍义》:“凡用药必须择土地所宜者,则药力具,用之有据”<sup>[30]</sup>,进一步证明特定的环境因素影响了药材的功效。此外,北宋王怀隐在《太平圣惠方》中指出:“炮制失其体性,虽有疔疾之名,就无必愈之效,是以医者,必须殷勤注意”<sup>[31]</sup>;金朝《用药法象》中言:“凡诸草木昆虫,产之有地,根叶花实,采之有时,失其地则性味少异,失其时则气味不全”“三月茵陈四月蒿,五月六月当柴烧”“秋桔梗,春柴胡,冬虫夏草”等<sup>[32]</sup>,充分强调了气候、水土、采收时节及加工炮制方法等对药材疗效的重要作用。

明代以后对“道地药材”的认识日臻成熟。明初刘文泰《本草品汇精要》将“地”(生态环境及产地)作为药物的项目之一单独列项,很多中药材都

标注了道地产区,如附子载“道地梓州蜀中”、千金子载“道地广州”等<sup>[33]</sup>。明初陈嘉谟在《本草蒙筌》中指出:“地产南北相殊,药力大小悬隔,凡诸草木昆虫,各有相宜产地,气味功力,自异寻常。地胜药灵,视斯益信”“凡制药贵在适中,不及则功效难求,太过则气味反失”“凡药藏贮宜提防,倘阴干、暴干、烘干未尽其湿,则蛀蚀霉垢朽烂不免为殃,当春夏多雨水浸淫,临夜晚或鼠虫啮耗,心力费惮,岁月堪延”<sup>[34]</sup>,这些记载对中药材的产地、采收时节、加工炮制及贮藏等都有了进一步的论述。明末李时珍《本草纲目》搜集了许多有关“药出州土”的资料,提到“性从地变,质与物迁”“生产有南北,节气有迟早,根苗异采收,制造法异度”等,这些都详细论述了药材的产地与质量间的关系<sup>[35]</sup>;汤显祖《牡丹亭·一名词药》首次出现了“道地药材”<sup>[36]</sup>这一名词;清代汪昂在《本草备要》云:“药品稍近遐者,必详其地道形色”<sup>[37]</sup>;清末徐大椿《医学源流论》列举了药性变迁的“地气之殊、种类之异、天生与人力之异”等名实之讹的4条原因,如“则地气移而力薄”“物虽非伪而种则殊矣”“非山谷之真气,又加灌溉之功,则性平淡而薄劣矣”<sup>[38]</sup>;近代医学泰斗张锡纯在《医学衷中参西录》中对山药的使用,多强调“怀山药”等,这些都表示古人对道地药材的道地性都有品种、产地、栽培技术、生境、采收、炮制、贮藏等明确的描述。

综上,道地药材中“产地”之内涵最早于先秦时期被关注;汉代至南北朝时期,已对产地、采收时间和加工炮制方法等内涵有了较为明确的认识;至唐宋时期,对气候、水土、采收时节及加工炮制方法等已有了清晰和准确的内涵,道地药材之名词虽未出现,但其理论已初步成型;明代以后,除了强调产地外,对水土(生境)、品种、栽培技术、采收时节、加工炮制方法、贮藏等和药效的关系都有了准确界定,道地药材理论已彻底发展成熟;清代至近代,道地药材得到更进一步的完善。

## 2 道地植物药材的科学内涵

道地药材是中华民族优秀传统文化的重要组成部分,是古人长期临床实践经验形成的独有中医药特色,具有深刻的科学内涵<sup>[7-8]</sup>。随着科学的发展,现在通常认为优良的遗传背景是道地药材形成与发展的内在因素,而适宜的生境、悠久的栽培历史、成熟的栽培技术与不同的炮制方法则被认为是影响道地药材形成的外在因素<sup>[39-40]</sup>。根据现代科学技

术研究成果<sup>[6,10,41-43]</sup>,可将道地药材的科学内涵归纳为以下几个方面。

### 2.1 遗传学内涵

植物群体是由基因、细胞、器官、有机体、居群、群落等生物层组成的<sup>[44]</sup>。从生物学内涵来说,“道地药材”则指种同而地异。种同而地异是指同一物种能够在不同区域上形成大小各异的群体单元(生物学上称为“居群”);若某一居群药材比其他居群药材质优效佳,即为这一区域的“道地药材”<sup>[45]</sup>。因此,“道”在生物学上可以被认为是某一物种的特定居群,是在特定的地方和时间里生长的自然形成的或人为干预的群体,而其中的“特定”是由一定的历史条件、地理区位、生态环境和人文作用等所决定,存在比较稳定的边界<sup>[46]</sup>。“道”中蕴含的质优效佳,是同一药材在不同产地的不同表现,核心是强调物种内质量的空间变异<sup>[47]</sup>。从生物学上说,“道”应是基因与环境相互作用生成的在数量、空间、遗传和药效等方面的基本特征表现,包括药材性状、组织结构、有效成分含量及疗效等。基于生物学内涵,黄璐琦等<sup>[48]</sup>提出了道地药材形成假说:独特的化学组成适应性、基因特化道地定向性和逆境选择作用。

### 2.2 生态学内涵

生态环境是“由生态关系组成环境”的简称,是影响生物生存和发展的一切外部条件的总称<sup>[49]</sup>。而道地药材形成的重要外在因素之一就是特定的生态环境,因为其可以影响道地药材的生长发育、生理机能、有效成分的形成和积累等<sup>[50-52]</sup>。如果某个植物药材长期适应于某个特定的生态环境,并因适应获得种内变异(即生态型),可能就会形成道地药材<sup>[53]</sup>。“道地产区”通常被认为是某一药物植物在此生态环境内形成和积累了特定的有效成分,即该物种的某居群在某生境下表现的某些药效功能的最大适应性。我国现有分布于各地的道地药材 200 多种,包括四大怀药、川药、广药、云药、贵药、关药、北药、西药、南药等<sup>[54-55]</sup>。生态环境对于阐释道地药材品质的生态特征,解析植物药材道地性的形成机制,指导道地药材生产高质量发展具有重要的理论意义和实践意义<sup>[56]</sup>。

### 2.3 栽培学内涵

道地药材栽培技术的传承是保持药材道地性的重要因素之一,主要包括良种选择、适宜的播种期、科学合理的株行距配置、合理的水肥运筹方案、

有效的病虫害防治、适宜的收获方式、收获时间和部位等内容。道地药材大部分都是由野生驯化而来,其道地的栽培技术是由千百年来以农桑著称于世的中华民族在道地药材的生产实践中不断总结和完善而来的,深刻塑造着中药材的“道地性”<sup>[57]</sup>。因此,药材的道地性和悠久的栽培历史密切相关。随着中药材需求量的日益增加,野生资源的日益贫乏,人们栽培中药材的种类和数量也在不断增加。至 2020 年全国栽培药材种类已近 300 种,药材生产基地 600 多个,栽培面积 588 万  $\text{hm}^2$  以上<sup>[58]</sup>。为实现对中药材生产质量的稳定、可控,2022 年 3 月 17 日由国家药监局等四部委共同发布实施了《中药材生产质量管理规范》<sup>[59]</sup>,以确保中药材生产各环节乃至全过程都有规范可依。截至 2024 年 6 月,全国已有 7 省 21 家企业、38 个品种基地通过了新版中药材生产质量管理规范(Good Agricultural Practice, GAP)的符合性检查。此外,药材的道地性评价,不仅要关注药用植物的生长年限和药用部位,还要结合药材的种类、药性及道地产区自身的采收经验,科学合理地规范采收时间,以保证活性成分的含量,这是因为药用植物体内活性成分的含量会随着生长发育阶段的不同而不同。如槐米中槐黄苷只有在果实成熟时才能形成;大青叶中靛玉红的含量 9 月份最高,晚之则下降;黄连中黄连素的含量以秋季最高;艾叶采集时挥发油含量以每天 13:00 时最高,20:00 时最低等<sup>[60-61]</sup>。由此可见,药材的道地性和适宜的采收时间也是紧密关联的。

### 2.4 加工炮制学内涵

中药炮制是根据中医药辨证施治用药理论的需要和药物自身性质及调剂、制剂的不同,将中药材制成药物的过程,是直接影响道地药材发挥药效的重要环节<sup>[62]</sup>。几乎每种道地药材都有其独特的产地加工方法,常用的传统产地加工方法有晒干、阴干、曝干,现代又增添了低温干燥、冷冻干燥、高温干燥等。根据入药部位的不同,其加工方法也有差异,如种子类、果实类、根及根茎类的中药材多用 60  $^{\circ}\text{C}$  左右的低温干燥,叶类、全草类和花类多用低温干燥或阴干,部分皮类中药材多用低温和冷冻干燥<sup>[63-64]</sup>。常用的中药炮制方法有烘、炮、炒、洗、泡、漂、蒸、煮等。这些加工方法都是为了去除杂质及非药用部分,使药材清洁纯净;同时尽可能消除或降低药物不良反应,确保药物发挥更好的药效和用药的安全。炮制过程中发生的各种各样物

理化学反应,必将改变药效成分的量或质,不同的炮制方法最终反映到药理作用从而产生不同的临床疗效<sup>[65]</sup>,如黄连生用可清热燥湿,长于泻肠胃湿热;酒炙则缓其寒,可引药上清头目之火;姜炙则强于治胃热呕吐;萸制则降其苦寒,强于散肝胆郁火,善治肝气犯胃呕吐吞酸等<sup>[66]</sup>。

## 2.5 药理学内涵

药理学是研究药物与生物体之间相互作用规律和机制的一门科学,包括药效学和药动学。中药材的“道地性”是在长期的中医临床实践中通过对药材的多方考证、优化和总结筛选出来的。没有中医理论的基础,植物资源很难被发现药效,也就没有被称为药材的可能,更没有“道地”可言<sup>[67]</sup>。临床疗效的判断和评价是对药材品质最高和最终的标准,药材只有在临床应用中有确切和稳定的疗效,才能成为“道地药材”<sup>[68]</sup>。从古至今,历代中医药学家都十分重视道地药材的疗效,如《图经本草》<sup>[29]</sup>就记载了对上党人参的临床试验:“二人同走,一与人参含之,一不与”;《景岳全书》也记载有对茅苍术的临床试验<sup>[69]</sup>:“惟茅山者,补益功多,大胜他术”;现代医学泰斗张锡纯“肺劳咳嗽,最为难治之症,惟用生怀山药条”<sup>[70]</sup>;现代国医大师金世元“处方遣药,道地药材是中药材中的精华”<sup>[71]</sup>等。

## 3 道地植物药材的评价内容

道地药材评价对中药材产业高质量发展,意义重大,特别是在目前,某种中药材在临床上的疗效还无法完全用《中国药典》所载成分或《中国药典》标准去解释的情况下,系统开展道地药材评价,对于指导中药材创新发展、特别是植物药材的新品种选育和栽培技术创新有着特别的指导价值,这对于保持传统中医药文化、守正创新具有重要意义<sup>[72]</sup>。在自然环境日益恶化、道地药材产地变迁与品种种性不断衰退等形势下,建立系统的药材道地性评价共识指南迫在眉睫。制定系统的药材道地性评价指南,规范道地药材生产,对于严控中药材质量,树立道地药材品牌,突出道地药材特色,保证中医疗效,增强中医信任度,进而扩大中医药的竞争优势、推进中医药现代化进程,有着重要意义<sup>[73-74]</sup>。基于前面概述的道地药材的“历史传承”和“科学内涵”,作者认为对植物药材进行道地性综合评价,至少应涵盖以下几个方面的内容。

### 3.1 本草考证

中药系统演进过程可以追溯到远古时代,经历

了多个重要的发展阶段,肖小河等<sup>[75]</sup>归纳了其基本规律:“用进废退,去伪存真,优胜劣汰,择优而立,道地自成”。道地药材是该物种药材在其产地的种系长期受到当地的历史生境与人类活动影响而形成的最高级、最优化的特殊产物,经过了历代人反复的验证、修改和完善,既可以作为衡量药材质量的标准,又可以为中药材发展指引方向,同时也形成了丰富多彩的中药文化。中医药文化之所以博大精深,源远流长,是因为其是古代医药工作者千百年医疗实践的宝贵成果,本草考证可以提供丰富的资源和线索<sup>[76]</sup>。道地药材经过临床实践检验,有着丰富的科学内涵。道地药材产区在历史上并非一成不变,基于对“种”的不同临床疗效认识水平的不断提高,也会驱动道地药材产地的变迁。古代由于植物分类知识相对不及今天成熟,加之各地大夫就地取材等原因,当时所使用的药材很可能为同属或近缘物种,但随着大量的临床疗效的比较筛选,认识逐渐趋于统一,由原先的多种变成了某一种为主。如宋代以前连翘来源为藤黄科湖南连翘 *Hypericum ascyron* L.、贯叶连翘 *H. perforatum* L.和元宝草 *H. sampsonii* Hance 及其同属的多种植物,宋代后多采用为木犀科连翘 *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl.<sup>[77]</sup>;再如明代以前山药的来源为薯蓣 *Dioscorea opposita* Thunb.、参薯 *D. alata* L.、褐苞薯蓣 *D. persimilis* Prain & Burkill、山薯 *D. fordii* Prain et Burkill 等,明代以后统一为怀山药 *D. opposita* Thunb.等<sup>[78]</sup>。道地药材是古人对药材品质形成遗传效应和生态效应长期不断探索的经验积累和高度总结,本草考证的目的之一是溯源古人对中药材“药效”的评价标准,进而为解析中医药所蕴含的科学内涵提供有效“抓手”。因此,在进行道地植物药材评价时,必须坚持历史与发展的观点,广泛查阅本草文献医书加以充分的考证,确认其产地和植物种<sup>[72,79-80]</sup>,尤其是自古以来、特别是近代以来有无引种历史等。

### 3.2 遗传判别

道地药材的遗传判别,首先需要有一道地的标准基因型,本草考证的一项重要任务则是获得一个真正的道地性居群。植物药材的道地性是由其特定次生产物的合成与积累所决定,其本质还是遗传信息不同。植物药材通过调控基因的转录、翻译来控制化合物的合成,从而决定中药的成分和药效,这些过程需要很多基因参与,某一基因的变异会直

接影响药材的功效<sup>[81]</sup>。植物药材的道地性首先必须保证其基原正确,在此基础上,对不同的道地性居群或基因型进行基于生物体基因组的DNA分子标记技术(如RFLP、RAPD、AFLP、SSR、ISSR、SRAP、SCAR、DNA条形码技术和基因芯片等)的遗传差异分析,进而揭示中药材道地性的生物学实质,达到对药材品种进行准确的判别<sup>[82]</sup>。近年来,简便快捷、准确可靠、可重复性强的通用分子鉴别技术DNA条形码已在药用植物鉴定中有所应用<sup>[83-84]</sup>。在基因水平上对道地药材的遗传信息进行判别,为评价中药材的品质提供了较为客观的依据,弥补了单从传统外观性状、显微理化等方面进行鉴别的不足,是药材道地性评价的一大进步。

### 3.3 生境评估

道地药材形成有内部因素和外部因素。生态环境是主要的外部因素<sup>[50]</sup>,主要包括气候因子、水质因子和土壤因子。气候因子包括气温、降水量、日照时数、光照强度和相对湿度等的日平均值、年平均值及日分布和年分布等;水质因子包括水中无机化合物、有机化合物和pH值等;土壤因子包括土壤类型、pH值、有机质含量、N、P、K、Ca、Mg、S、Fe、Zn、Se、Mn、Sr及As、Cd、Cr、Hg、Pb等重金属<sup>[57]</sup>。道地药材的原产性和主产性是一个公认的事实,但其形成有其绝对性和相对性,药材的最佳产地也不是一成不变的<sup>[60]</sup>。药材在引种和栽培到新的生态环境中,细胞遗传、形态结构或生理生化都将做出积极地响应,逐渐形成独特的生态型,最终取代原种成为新的道地药材<sup>[16]</sup>。近些年随着科技的不断发展,地理信息系统技术、最大信息熵模型和地理探测器模型被用来对中药材的生态适宜性与生产区划进行评价,为中药材种植规范化与GAP基地建设提供了一定程度的量化参考依据<sup>[50,85]</sup>。

### 3.4 形态鉴定

**3.4.1 外观性状** 不同的内在品质往往会出现不同的外观,有些差异还是细微的,所有对药材外部形态的区分是古人在医疗实践中区分道地药材和非道地药材的最直接依据。当临床实践证明某地所产药物“质优效佳”之后,中医药学家就会从药材的形、气、味、触等,详细描述优质药材与非优质药材的区别,并记录在本草典籍中<sup>[86]</sup>。如江苏茅山所产的茅苍术,其根茎上含有大量的朱砂点<sup>[87]</sup>;丹参产安徽古城者,皮色红,肉紫有纹,质燥体松,头大无芦,为最佳<sup>[88]</sup>,并有古书记载“细辛,嚼之

习习如椒而更甚于椒”<sup>[30]</sup>;而人参具有一种特殊的香气“参气”,味苦微甘<sup>[89]</sup>。此外,随着电子仿生学技术和人工智能的发展,道地药材的外观性状的鉴定采用与现代科学技术相结合,进一步推动了道地药材外观性状鉴别的发展。如利用显微摄像和计算机图像处理技术,通过构建识别不同产地麦冬外观性状的网络模型,实现了从“形”进行不同道地产区麦冬和近缘品种的鉴定<sup>[90]</sup>;利用电子鼻技术可以对不同栽培品种的陈皮中的挥发性物质进行分析,实现了从“气”区分陈皮地道药材(广陈皮)与其他的区别<sup>[91]</sup>;而利用电子舌技术对锁阳的水体液样品进行采集分析,结合主成分分析等,实现了从“味”对8个产地的锁阳进行鉴别<sup>[92]</sup>。

**3.4.2 显微结构** 生药解剖图谱为生药的显微鉴别提供了重要的技术支撑。虽然药材的外部形态不一,但其内部组织的形态却比较稳定,因此可通过对药材组织结构及细胞形态的显微观察来进行药材的鉴定。但基于二维平面、定性或半定量和静态观测描述等方法的传统中药鉴定学,往往难以全方位描绘中药材的显微结构及其药效、品质之间的关系,对没有明确标示性成分也无明显组织特征的道地与非道地、近缘物种和种下等级等的鉴定几乎无能为力。针对此种情况,中医药学家基于计算机仿真及其可视化技术,通过结合体视学和人工智能等方法,研制的中药材数字可视化技术及其图鉴系统<sup>[93]</sup>;基于生态解剖学、发育解剖学和数量解剖学建立的中药显微图像模式识别方法<sup>[94]</sup>等可在一定程度上弥补传统中药显微鉴定的局限性,提高了中药显微鉴定的高效性和准确性。

### 3.5 成分检测

药材中所含药效成分的差异是导致中药临床疗效参差不齐的基本原因,同时也是评定其品质优劣的基础。从复方中药整体性和系统性出发提出的“组分结构理论”(曾称“三个结构层次多维结构”假说)<sup>[95]</sup>,认为“道地药材的物质基础不一定是某一独特的化学成分,而可能是稳定有序的成分/组分构成;各组分及组分内活性成分间稳定的配伍配比关系;单独活性成分独特的“三维结构”等。不同产地的同种药材,因外界生境的不同其化学成分种类和含量亦不同,最终药效亦不同。充分显示了道地药材与其活性成分间的密切关系,也就使“化学成分检测”成为区别道地药材与非道地药材的常用内在质量标准<sup>[96]</sup>。利用化学分析检测的方法,不

仅可鉴别不同产地的道地药材,也可以初步判断其品质与临床疗效。随着科技的发展,对药材成分的理化分析现在多通过建立药材的指纹图谱来进行。中药指纹图谱目前常采用色谱、光谱和色谱光谱联用等方法,但以薄层色谱、气相和液相色谱等方法最为常用<sup>[44]</sup>;检测的内容主要是有机物的种类及其含量(主要包括糖类、苷类、醌类、苯丙素类、黄酮类、萜类和挥发油等);也有研究指出,无机物(如高微量元素和低有害金属元素)和内生菌及其群落构成,可能也是形成道地药材的影响因素之一<sup>[97-99]</sup>。近年来,中药指纹图谱技术在中药质量标准与生产全程控制中的应用较为广泛。此外,基于中药指纹图谱,同时利用多元统计和计算机技术建立的多种道地药材化学模式识别系统,在推动中药材产业发展和中药现代化进程中,也发挥着重要作用<sup>[100]</sup>。

### 3.6 效用分析

**3.6.1 药理药效** 道地药材不仅是中医学的宝贵资源,也是现代中药学研究的重要对象,其特定的药用价值和广泛的应用前景,愈发使其成为研制新药重要的源泉<sup>[101]</sup>。中药材的品种退化、产地变迁、采集不当和炮制粗糙等因素都会影响药材质量和临床疗效。道地药材的确定与诸多因素有关,而临床疗效是其关键因素,“药材好,药才好”,只有疗效好的药材才有可能成为道地药材<sup>[102]</sup>。药材的临床疗效是鉴定和评价其道地性的首要标准。同时,道地药材不仅必须是药效突出的最常用的药材,而且也必须是构成药方中主要药味的药材<sup>[16,103]</sup>。因此,评价药材的道地性,应以“质优效佳是道地药材”而不是以“道地药材质优效佳”的原则<sup>[104]</sup>。同仁堂出产的中成药在海内外享有盛誉,根本原因在于其稳定的疗效。但在临床中,常因复方或中西药结合,评价单味中药材的道地性或优劣并不是一件简单的事;再者,临床试验往往涉及面广、中间环节多、研发周期长、耗费资金多、操作复杂,所以以药效评价药材的道地性十分困难。

**3.6.2 生物效价** 建立中药质量生物控制模式和方法已成为中药质控研究的发展方向。《中国药典》2010年版大纲中曾提出:“中药的质量标准要逐步由单一指标成分定性定量测定,向活性有效成分及生物测定的综合检测过渡”<sup>[4,105]</sup>。生物效价检测法是利用比较标准品和供试品对生物体(包括离体器官或组织等)产生的特定生物效应来确定药物制剂

质量的一种方法,一般是测定酶活力、凝集素活性、抗菌活性、抗炎活性和抗病毒等指标<sup>[105]</sup>。随着组学和生物信息学技术的发展,王喜军教授在结合中药血清药物化学、代谢组学和空间组学建立了“方证代谢组学+”一种新的揭示药效药理的方法。该方法运用代谢组学表达证候的生物学本质,用证候的生物代谢标记物去精准评价药材的疗效,在药材显效的时候用血清药物化学去表征体内成分,并把体内成分与标记物相关联,发现高度与生物标记物关联的体内成分进行生物学验证,从而解码中医药有效性,发现药效物质基础<sup>[106]</sup>;谢恬教授通过从鼓槌石斛 *Dendrobium chrysotoxum* Lindl.中提取分离出的天然产物毛兰素通过诱导  $Ca^{2+}/CaM$  依赖性铁凋亡和抑制细胞迁移发挥其抗癌作用,同时伴有活性氧积累、脂质过氧化和谷胱甘肽耗竭等指标的改变,通过对这些生物效价的检测鉴定,就有可能称成评价道地和非道地药材的手段<sup>[107]</sup>。此外,在《中药生物活性测定指导原则》《中国药典》2020年版和《植物药研发指导原则》(2015年美国食品药品监督管理局颁布)中都对中药生物活性测定的基本原则和验证内容做了详细的规定<sup>[108]</sup>。中药生物效价检测也逐渐成为区分来源相近、外部形态、生药性状及药效成分等高度相似的道地与非道地药材的有效评价手段<sup>[109]</sup>。近年建立的主要基于生物热动力学表征的中药生物效价早期快速检测法也逐渐有所应用,如板蓝根的道地性与质量评价研究<sup>[110]</sup>。生物效价检测方法的建立不仅有助于对药材品种的鉴定,还有助于对药物药效和毒性的分析,更适用于成分复杂甚至不明中药的评价,比起用单纯中药指标进行定性定量分析更科学,是对“唯成分论”的药材质量控制与评价方法很好的补充和完善<sup>[111]</sup>。

## 4 道地植物药材的评价体系

道地药材是中医临床长期实践的结果,是古人对中药材临床稳定疗效的认可和总结。人类“崇尚自然”和“回归自然”的21世纪是开发利用天然药物资源最盛行的崭新时代,中药必将作为现代医学的重要组成部分而得到世界范围的认可和接受。作为中药典型代表的“道地药材”,其形成过程中既有科学表达又有文化表达,所以面对新的发展机遇,为更好地发挥中药的“比较优势”,推动中药参与国际竞争,制定具有前瞻性的道地药材评价体系是必要的<sup>[112-113]</sup>。基于前述道地植物药材的“历史传承”

梳理和“科学内涵”归纳，笔者认为植物道地药材的评价体系应该是多元化的和综合性的，必须根据道地药材的“历史传承”和“科学内涵”来确立评

价类别、评价项目、评级等级、量化指标和权重系数，为道地药材的综合评价提供一种系统的评价体系及方法（图1）。

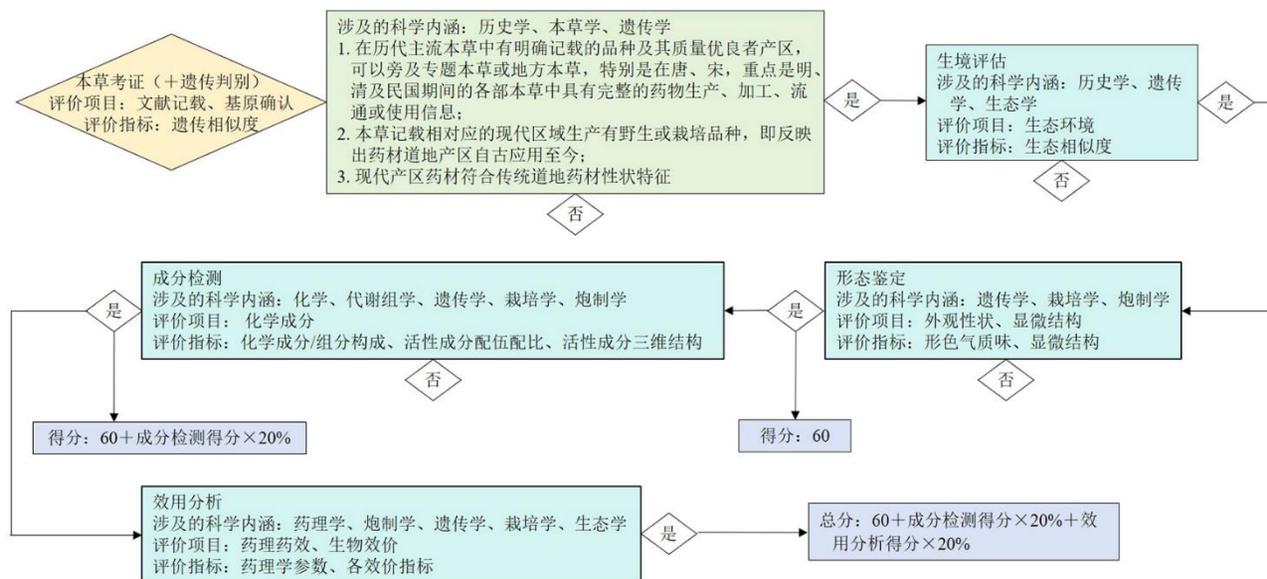


图1 道地药材的综合评价体系、量化指标及权重

Fig. 1 Comprehensive evaluation system, quantitative indexes and their weight coefficients of genuine medicinal materials

在评价思路与实施策略上，首先在“本草考证”的基础上确认道地药材基原种或生物居群，再结合相应的分子生物学技术进行遗传判别，通过探索道地药材与非道地药材的遗传差异，对道地药材的基原性进行鉴别和确认；然后从生态环境相似性入手，确认其道地产区范围。在此基础上，通过考察中药形态（外观性状、显微结构）对化学成分的影响，再结合相关的效用分析（药理药效和生物效价实验），运用现代数理统计方法，构建以“遗传特征（基）-生态因子（环）-化学成分（质）-生物效应（效）”相偶合的植物道地药材综合评价体系，切实践行“中药大质量观”。根据上述对道地药材科学内涵和道地药材评价内容的论述，笔者认为，一个“品种”（指一种药材的一个品种或一个基因型而不是一种药材）或“一种药材的某一基因型”要成为“道地药材”，必须同时满足3个条件：符合本草考证基础上的遗传判别、符合（产地）生境判别和符合形态学鉴定，这3个条件缺一不可，并且3个条件均满足，才有可能成为道地药材，此时，赋予60分分值。在此基础上，成分检测必须要符合《中国药典》标准，各项组分构成比例和标准品相比的符合程度构成这个品种或基因型的化学成分道地性分值；同时，结合基因型效用鉴定，不同基因型效用值会有

高有低，和标准品相比的比值构成这个品种或基因型的效用道地性分值。因为，符合《中国药典》标准和有效同等重要，对这2种道地性评价分值的权重系数各占剩余40分的一半。当然，可能会有“成分检测为100、效用为0，或成分检测为0、效用检测为100”的特例，如果出现这2种特例，均需对该品种或该基因型进行更多深入的研究。以怀山药为例，根据图1，首先，经历代主流本草例如《神农本草经》《吴普本草》《名医别录》《新修本草》《本草图经》《救荒本草》《本草蒙筌》《本草纲目》《本草原始》《药品化义》《本草乘雅半偈》《炮制全书》《本草从新》《植物名实图考》和《河南历代方志集成》等确定怀山药的道地形成历史及发源地，并以此确定道地怀山药居群、道地产区及其道地产区生境；在经过形态学鉴定、化学和光学显微鉴定、全基因组测序、代谢成分检测、细胞学和动物实验等药理药效检测等鉴定后，以确定道地怀山药的标准居群基因型；在道地怀山药标准居群基因型确定后，如果一个基因型产品，经过基因型、产地生境、形态等鉴定后，如和道地怀山药的标准居群基因型均为“是”，则可获评60分，如其中一项为“否”则为0分并不再进入下一阶段评定；然后，再经化学、代谢组学等鉴定，其和道地怀山药标准居群基

因型的代谢相似度百分值 $\times 20\%$ 即为此时该基因型的道地性在化学成分上的的分值；再经细胞学和动物药理药效实验，其和道地怀山药标准居群基因型的药理药效的比值百分数 $\times 20\%$ 即为此时该基因型的道地性在药理药效上的的分值；最终，60分+两项分值即为该基因型产品的道地性评判值。

## 5 结语与展望

正如国药泰斗金世元先生所言，“道地药材是临床疗效的灵魂”，道地药材作为中医之根、中药之魂，对道地药材的研究或许是用现代科学解析中医药的钥匙。本文从历史角度综述了道地药材的发展历程，其基本脉络是古人以药效为中心逐渐认识到产地、生境、形态、采收时节和部位、加工炮制方法、储藏方法等因素对药效的作用，解析其成因和来源所涉及的学科包括历史学、遗传学、生态学、栽培学、植物生理学、加工炮制学、药理学等，从不同角度综述了道地药材的科学内涵。在此基础上，提出了对药材道地性的评价体系，该评价体系首先是根据主流本草的考证、遗传学、植物学、药理学、化学和代谢组学等分析结果，确定某个品种药材的“道地基因型居群”，以此为标准，对该品种药材的某个基因型（或品种）按照图1所示的流程进行评价。鉴于“道地药材”具有厚重的历史和文化内涵积淀，与以往的道地性评价研究不同的是，该评价体系不仅注重产地，还特别注重基因型及其历史起源，创新性地提出了“标准道地基因型居群”的确定流程，以用于此后对某个基因型（品种）进行的道地性评价。

与以往的研究相比，以往的研究多忽视了一个事实，由于清以前没有分类学研究，更没有基因型（或品种）的研究，加之交通不便，不同地方间的串种或混种等问题可能几乎不会发生。因此，清以前对道地药材的鉴别虽没有明确基因型（或品种）的内涵，但事实上对基因型（或品种）的要求是明确的。而当前在开展道地性评价时，面临的则是这些道地产区在近年来可能经历了多次的盲目引种，种质基原有可能已错乱等情况。在这种情况下，如果仍然关注的是某一产地的某类药材而不是某一产地某类药材的基因型，其结果有可能是偏差的或是不准确不可靠的。事实上，通常所说的“某药材是不是道地药材”往往是指在道地产区生产的这个药材所采用的基因型（或品种）是不是道地的。因此，本文针对某类药材的某个基因型开展道地性评价，

其结果将由泛化转向具体，应该是对道地性评价研究的一种创新。

该评价体系不仅符合中医药的特点，而且还密切关注了临床疗效和用药安全，不但考虑了道地药材本身特点，还能有利于寻求基于道地药材的外部性状、遗传信息、生态因子和药效之间相关性的优良组合。通过该评价体系的建立，找出形成“质效佳”的道地药材的内外机制，明确其最佳的生长条件，不但为道地药材的特征辨识、规范种植、品质估测、道地评价、交易流通、综合保护和持续利用提供理论基础与技术参考，而且为药理学研究包括利用证候的生物代谢标记物进行精准评价药材疗效的药理学研究将提供良好的质量控制和安全的可靠保证。有必要指出的是，道地药材是基于古人经验的总结，在治疗道地药材针对的病证时是优质药材，但有时道地药材在针对非对证的病证时其也不总是和优质药材相吻合的，再加上传统上也存在不同产区的道地药材针对的病证也不同，特别是随着现代科技的发展，一些非道地药材也许在其他疾病治疗方面要优于道地药材，如大黄：甘肃礼县产的掌叶大黄被认为是道地药材，此大黄用于活血化瘀、利湿退黄属于优质药材，但用于泻下通便则不如四川若尔盖产唐古特大黄的功效好（甘肃礼县产大黄番泻苷类、结合型蒽醌类成分含量较低，泻下作用较弱）。本研究提出的道地药材综合评价体系仅是基于“历史传承”和“科学内涵”角度的一种综合评价思路，还有待于通过具体道地药材的逐一评价来验证、发展和完善，最终形成“全国药材道地性评价共识指南”，从而规范道地药材的评价体系，推动中医药的标准化、现代化、产业化和国际化进程。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参考文献

- [1] 彭成. 中药药理学 [M]. 第3版. 北京: 中国中医药出版社, 2012: 1536.
- [2] 孟祥才, 沈莹, 杜虹韦. 道地药材概念及其使用规范的探讨 [J]. 中草药, 2019, 50(24): 6135-6141.
- [3] 徐浩, 吴之易, 王圣隆, 等. 论道地药材的成因及发展现状 [J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(4): 1793-1797.
- [4] 赵露颖, 施梦瑶, 张巧艳, 等. 道地药材品质特征及形成机制研究进展 [J]. 中草药, 2022, 53(21): 6931-6947.
- [5] Zhao Z Z, Guo P, Brand E. The formation of daodi medicinal materials [J]. *J Ethnopharmacol*, 2012, 140(3): 476-481.

- [6] 何婷, 巩颖, 刘文亚, 等. 道地药材的特性内涵 [J]. 现代中医临床, 2014, 21(2): 58-60.
- [7] 杨珍珍. 道地药材质量标准设计与应用 [J]. 石河子科技, 2022, (4): 76-78.
- [8] 孟祥才, 邓代千, 杜虹韦, 等. 高品质道地药材的科学内涵 [J]. 中草药, 2023, 54(3): 939-947.
- [9] 黄璐琦, 郭兰萍, 张小波, 等. 基于第四次全国中药资源普查的中国中药资源种类研究 [J]. 中国中药杂志, 2024, 49(13): 3409-3413.
- [10] 彭华胜, 郝近大, 黄璐琦. 道地药材形成要素的沿革与变迁 [J]. 中药材, 2015, 38(8): 1750-1755.
- [11] 中国中药协会发布. 道地药材标准编制通则 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2015: 2.
- [12] 赖长江生, 魏旭雅, 邱子栋, 等. 道地药材质量标准设计与应用 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(24): 6072-6080.
- [13] 道地药材评价通用要求 [S]. 2021: 2-5.
- [14] 郭宝林. 道地药材的科学概念及评价方法探讨 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2005, 7(2): 57-61.
- [15] 李萍, 齐炼文, 李会军, 等. 中药有效成分群发现与质量评价研究 [Z]. 江苏省: 中国药科大学, 2012-10-01.
- [16] 吴巍, 张春季, 苗明三. 道地药材评价模式研究 [J]. 中医学报, 2011, 26(3): 339-341.
- [17] 刘方舟, 李园白, 王静, 等. 当归药材道地性系统评价与分析 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2018, 20(9): 1531-1539.
- [18] 刘方舟, 杨阳, 张一颖, 等. 栀子药材道地性系统评价与分析 [J]. 中国现代中药, 2018, 20(11): 1330-1339.
- [19] 刘方舟, 李园白, 李萌, 等. 丹参药材道地性系统评价与分析 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2019, 21(1): 119-125.
- [20] 雷捷, 徐建国, 张晓佳, 等. 银柴胡的道地性评价初探 [J]. 时珍国医国药, 2020, 31(8): 1973-1975.
- [21] 周德生, 何清湖. 《五十二病方》释义 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2013: 244.
- [22] 陶弘景. 本草经集注: 辑校本 [M]. 尚志钧, 尚元胜辑校. 北京: 人民卫生出版社, 1994: 551.
- [23] 黄帝内经 [M]. 张志聪集注. 北京: 光明日报出版社, 2015.
- [24] 崔玲. 神农本草经: 图文版 [M]. 天津: 天津古籍出版社, 2009: 400.
- [25] 雷敫. 雷公炮炙论 [M]. 南京: 江苏科技出版社, 1985: 174.
- [26] 苏敬. 新修本草 [M]. 胡方林整理. 太原: 山西科学技术出版社, 2013: 480.
- [27] 孙思邈. 备急千金要方 (三十卷) [M]. 影印本. 北京: 人民卫生出版社, 1982: 553.
- [28] 孙思邈. 千金翼方 [M]. 李景荣等校译. 北京: 人民卫生出版社, 1998: 511.
- [29] 苏颂. 图经本草: 辑复本 [M]. 胡乃长, 王致谱辑注. 福州: 福建科学技术出版社, 1988: 622.
- [30] 寇宗奭. 类编图经集注衍义本草 [M]. 方明甫校正. 影印本. 北京: 中国书店, 2012.
- [31] 王怀隐. 太平圣惠方: 校点本 [M]. 郑金生, 汪惟刚, 董志珍校点. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 2410.
- [32] 张元素, 李杲. 珍珠囊·珍珠囊补遗药性赋药类法象、用药心法 [M]. 北京: 学苑出版社, 2011: 170.
- [33] 刘文泰. 本草品汇精要 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1982: 1153.
- [34] 陈嘉谟. 本草蒙筌 [M]. 陆拯, 赵法新校点. 北京: 中国中医药出版社, 2013: 276.
- [35] 李时珍. 本草纲目 [M]. 马美著校点. 武汉: 崇文书局, 2020: 212.
- [36] 汤显祖. 牡丹亭 [M]. 彭连熙, 彭福来编绘. 上海: 上海人民美术出版社, 2018: 319.
- [37] 汪昂. 本草备要 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2019: 169.
- [38] 白曜玮, 陈丽云. 《医学源流》古籍版本考 [J]. 中医文献杂志, 2023, 41(2): 8-11.
- [39] 黄璐琦. 分子生药学 [M]. 第2版. 北京: 北京大学医学出版社, 2006: 678.
- [40] 袁媛, 黄璐琦. 道地药材分子生药学研究进展和发展趋势 [J]. 科学通报, 2020, 65(12): 1093-1102.
- [41] 王晶娟, 刘洋, 赵保胜, 等. 质效代关联理论在道地药材质量研究中的应用分析 [J]. 中草药, 2015, 46(2): 157-162.
- [42] 黄林芳, 王雅平. 道地药材研究理论探讨 [J]. 中国现代中药, 2015, 17(8): 770-775.
- [43] 曾凡琳, 温美佳, 王欢, 等. 道地药材气候生态位研究 [J]. 时珍国医国药, 2016, 27(5): 1227-1230.
- [44] 陈家宽, 杨继. 植物进化生物学 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1994: 381.
- [45] 黄璐琦, 张瑞贤. “道地药材”的生物学探讨 [J]. 中国药理学杂志, 1997, 32(9): 53-56.
- [46] 周荣汉, 周蕪新. 道地药材与化学分类学 [J]. 中国医药学报, 1990, 5(4): 78-79.
- [47] 张南平, 林瑞超, 刘宝玲, 等. 对影响中药材质量的有关因子评价方法的讨论 [J]. 中药研究与信息, 2000, 2(6): 14-16.
- [48] 黄璐琦, 郭兰萍. 道地药材形成机理研究及应用 [A] // 第三届中国天然药物研究与发展论坛论文集 [C]. 南京: 中国药学会, 2013: 27-31.
- [49] 黄璐琦, 郭兰萍. 中药资源生态学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2009: 384.
- [50] 陈士林. 中国药材产地生态适宜性区划 [M]. 第2版. 北京: 科学出版社, 2017: 789.
- [51] 刘付松, 任艳, 吴发明, 等. 中药材“道地论”的生态内涵 [J]. 中华中医药杂志, 2023, 38(11): 5551-5556.

- [52] 黄林芳, 张翔, 陈士林. 道地药材品质生态学研究进展 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2019, 21(5): 844-853.
- [53] 黄林芳, 付娟, 陈士林. 中药材生态变异的学术探讨 [J]. 中草药, 2012, 43(7): 1249-1258.
- [54] 陆兆华, 叶万辉, 乔滨杰, 等. 我国道地药材的产区分布和区划 [J]. 国土与自然资源研究, 1994(1): 54-60.
- [55] 谢彩香, 宋经元, 韩建萍, 等. 中药材道地性评价与区划研究 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2016, 18(06): 950-958.
- [56] 郭兰萍, 王升, 张霁, 等. 生态因子对黄芩次生代谢产物及无机元素的影响及黄芩道地性分析 [J]. 中国科学: 生命科学, 2014, 44(1): 66-74.
- [57] 杨莹, 马逾英, 杨枝中. 我国中药材野生变家种(家养)的现状与展望 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2012, 14(6): 2217-2221.
- [58] 王福, 陈士林, 刘友平, 等. 我国中药材种植产业进展与展望 [J]. 中国现代中药, 2023, 25(6): 1163-1171.
- [59] 国家药品监督管理局等四部门发布《中药材生产质量管理规范》(GAP) [J]. 中国现代中药, 2022, 24(4): 554.
- [60] 周洁, 张永清. “道地药材”管窥 [J]. 山东中医药大学学报, 2006, 30(3): 251-254.
- [61] 及华, 李雪艳. 中药材采收时期及采收原则 [J]. 现代农村科技, 2019, 3: 95-96.
- [62] 叶定江, 张世臣, 吴皓. 中药炮制学 [M]. 第2版. 北京: 人民卫生出版社, 2011: 795.
- [63] 孙怀竹, 梁金玲, 许天阳, 等. 干燥对不同药用部位中草药化学成分影响的研究进展 [J/OL]. 中华中医药学刊, [2024-05-06]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1546.R.20240430.1821.002.html>.
- [64] 赵润怀, 段金彪, 高振江, 等. 中药材产地加工过程传统与现代干燥技术方法的分析评价 [J]. 中国现代中药, 2013, 15(12): 1026-1035.
- [65] 吴向维, 邵艳华, 丁平. 中药炮制后的成分变化及其炮制机制的研究进展 [J]. 中国医药指南, 2013, 11(9): 82-83.
- [66] 杨俊杰, 张振凌. 中药材产地加工与道地药材相关性研究 [J]. 时珍国医国药, 2006, 17(5): 676-677.
- [67] 黄璐琦, 张瑞贤. 道地药材理论与文献研究 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2016: 254.
- [68] 赵军宁, 鄢良春, 宋军. 建立以“功效”为核心的新型中药质量评价模式 [J]. 中药药理与临床, 2010, 26(5): 158-161.
- [69] 张介宾. 景岳全书 [M]. 杭州: 浙江古籍出版社, 2013.
- [70] 李万涛, 黄东晖. 山药配牛蒡子治疗咳嗽的机理探讨 [J]. 长春中医药大学学报, 2019, 35(3): 454-456.
- [71] 罗容, 金艳, 马春. 金世元从产地加工鉴定道地药材技术探析 [J]. 北京中医药, 2019, 38(1): 63-65.
- [72] 袁媛, 陈媿颖, 黄璐琦, 等. 对照道地药材的研究策略与应用探讨 [J]. 中国中药杂志, 2017, 42(13): 2623-2626.
- [73] 郑春松, 付长龙, 叶蕪芝, 等. 关于全国药材道地性评价共识指南制定方法的提议与思考 [J]. 中华中医药杂志, 2016, 31(6): 2045-2047.
- [74] 胡双飞, 郑玉莹, 陈前, 等. 基于文献计量软件对我国药材道地性研究进展的可视化分析 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2023, 25(3): 963-973.
- [75] 肖小河, 陈士林, 黄璐琦, 等. 中国道地药材研究20年概论 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34(5): 519-523.
- [76] 杨洪雁. 药材道地性研究进展 [J]. 亚太传统医药, 2016, 12(5): 52-55.
- [77] 汤韵秋, 李芸霞. 中药连翘的本草考证 [J]. 中药与临床, 2022, 13(2): 70-73.
- [78] 黄璐琦, 郭兰萍, 詹志来. 道地药材标准汇编 [M]. 北京: 北京科学技术出版社, 2020: 624.
- [79] 杨雅坤, 崔清卓, 韩伟, 等. 祁白菊基原考证及道地药材成因研究进展 [J]. 中成药, 2022, 44(9): 2934-2938.
- [80] 王嘉乐, 杨青淑, 江媛, 等. 重楼道地性研究进展 [J]. 中草药, 2022, 53(8): 2572-2581.
- [81] 杨生超, 赵昶灵, 文国松, 等. 植物药材道地性的分子机制研究与应用 [J]. 中草药, 2007, 38(11): 1738-1741.
- [82] 周佐斌, 葛刚. 中药材道地性的DNA分子鉴定 [J]. 江西科学, 2008, 26(3): 507-510.
- [83] 季文静, 吴新荣, 倪梁红, 等. 云南丽江道地药材粗茎秦艽不同部位化学成分测定与HPLC指纹图谱分析 [J]. 时珍国医国药, 2023, 34(2): 424-428.
- [84] 马秋贺, 马玉贺, 刘悦, 等. 道地药材天麻DNA真伪鉴定试剂盒的研制与评价 [J]. 中国现代应用药学, 2024, 41(9): 1198-1203.
- [85] 孟祥才, 李晓颖, 姚杰, 等. 生态胁迫促进道地药材质量形成机制与质量评价思路 [J]. 中草药, 2022, 53(5): 1587-1594.
- [86] 杨诗龙, 吴娜, 袁星, 等. 中药“气味”鉴别的现状与思考 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2014, 16(9): 1876-1879.
- [87] 王健慧. 从茅苍术质量评价看生药学的发展 [J]. 徐州医学院学报, 2008, 2: 139-140.
- [88] 郑奋扬. 增订伪药条辨 [M]. 曹炳章整理补注. 北京: 中国中医药出版社, 2022.
- [89] 王宁. 嗅气尝味法鉴别药材29例 [J]. 中药材, 1985(4): 29-30.
- [90] 凌秀华, 卢文彪, 王耐, 等. 基于图像处理技术的麦冬药材特征提取与识别 [J]. 辽宁中医杂志, 2017, 44(7): 1460-1462.
- [91] Li S Z, Zeng S L, Wu Y, et al. Cultivar differentiation of *Citri Reticulatae Pericarpium* by a combination of

- hierarchical three-step filtering metabolomics analysis, DNA barcoding and electronic nose [J]. *Anal Chim Acta*, 2019, 1056: 62-69.
- [92] Ding J J, Gu C M, Huang L F, *et al.* Discrimination and geographical origin prediction of *Cynomorium songaricum* Rupr. from different growing areas in China by an electronic tongue [J]. *J Anal Methods Chem*, 2018, 2018: 5894082.
- [93] 肖小河, 舒光明, 李江陵, 等. 麦冬类中药组织切片计算机三维重建图鉴 [J]. 药学学报, 1997, 32(6): 461-466.
- [94] 肖小河, 乔传卓, 苏中武, 等. 郁金类组织形态学图像的模式识别 [J]. 中国药理学杂志, 1998, 33(2): 14-17.
- [95] 严红梅, 陈小云, 张振海, 等. 基于中药组分和“组分结构”理论的中药研究模式的探讨 [J]. 中草药, 2015, 46(8): 1103-1110.
- [96] 柳先平, 黎先春, 李磊. 道地药材“道地性”与其活性成分关系 [J]. 现代中药研究与实践, 2004(S1): 24-29.
- [97] 范丽霞, 郑继平, 白新鹏. 药用植物内生菌及其对道地药材影响的研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(22): 11221-11223.
- [98] 陈美兰, 黄璐琦, 欧阳少华, 等. 植物内生菌对道地药材形成的影响 [J]. 中国中医药信息杂志, 2006, 13(9): 40-42.
- [99] 江曙, 钱大玮, 段金彪, 等. 植物内生菌与道地药材的相关性研究 [J]. 中草药, 2008, 39(8): 1268-1272.
- [100] 郑潇潇, 王潇霖, 尹显梅, 等. 基于道地药材的指纹图谱构建对中药质量评价的探讨 [J]. 中药与临床, 2017, 8(1): 4-6.
- [101] 钟军, 仇萍, 曾维军, 等. 鱼腥草药材道地性评价策略 [J]. 作物研究, 2014, 28(1): 112-115.
- [102] 朱海英. 道地中药材临床疗效影响因素探讨 [J]. 亚太传统医药, 2014, 10(15): 122-123.
- [103] 梅超南. 基于疗效的川产道地药材附子品质评价方法研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2015.
- [104] 寇俊萍, 柴程芝, 余伯阳. 中药药理研究进展 [J]. 药理学进展, 2013, 37(9): 428-432.
- [105] 郑敏霞, 沈洁, 丰素娟. 生物效价检测研究进展 [J]. 中国现代应用药学, 2011, 28(6): 511-514.
- [106] Han Y, Sun H, Zhang A H, *et al.* Chinmedomics, a new strategy for evaluating the therapeutic efficacy of herbal medicines [J]. *Pharmacol Ther*, 2020, 216: 107680.
- [107] Chen P, Wu Q B, Feng J, *et al.* Erianin, a novel dibenzyl compound in *Dendrobium* extract, inhibits lung cancer cell growth and migration via calcium/calmodulin-dependent ferroptosis [J]. *Signal Transduct Target Ther*, 2020, 5(1): 51.
- [108] 孙婷婷, 马晓慧, 李欣欣, 等. 中药生物效价研究现状及开发思路探讨 [J]. 中草药, 2017, 48(9): 1906-1911.
- [109] 鄢丹, 肖小河. 基于道地药材和生物测定的中药质量控制模式与方法研究: 黄连质量生物测定 [J]. 药学学报, 2011, 46(5): 568-572.
- [110] 赵艳玲, 山丽梅, 金城, 等. 基于生物热活性表达的中药板蓝根品质评价研究 [J]. 中药材, 2008, 31(5): 743-747.
- [111] 尹卫平, 吕碧玉, 刘华清, 等. 生物效价检测在天然药物国际化发展中的应用 [J]. 河南科技大学学报 (自然科学版), 2018, 39(2): 99-104.
- [112] 张晔, 冷杨. 以道地药材生态种植推进中药材产业高质量发展 [J]. 农村工作通讯, 2023(13): 51-52.
- [113] 王惜纯. 推动中医药产业在传承创新中高质量发展 [N]. 中国质量报, 2021-12-23.

[责任编辑 赵慧亮]