

浙贝母品质现状及中药材生态适宜性的研究进展

何琛晔¹, 张春椿², 李石清², 张婷^{1*}

(1. 浙江中医药大学 医学技术学院, 杭州 310053; 2. 浙江中医药大学 药学院, 杭州 310053)

[摘要] 当今社会人们对中医中药越来越重视, 中药材的品质直接决定疗效的好坏, 由于中药材生产种植缺乏对科学的理论指导、药材产地的区划研究不够全面等原因, 导致中药材无论是品质、产量还是价格都一路走低。而这样的情况不但导致了高品质药材供不应求的市场现状, 也给以药材种植为经济支持的地区和人民带来直接的影响。该文通过对浙贝母药材的品质研究发现, 不同产地的浙贝母存在良莠不齐、品种老化、质量差距大等问题, 而生态环境对药材的质量与产量有着重大影响, 将很大程度上影响药材的质与量。为解决高品质药材生产问题, 查阅多方文献发现生态适宜性研究方法是找出中药材品质与环境生态因素之间的关系较好的方法之一, 在浙贝母药材全国产地适宜性区域划分、道地产区的确立和药材种植适宜新产区的发现中发挥着重要作用。本文对浙贝母药材的资源现状、质量评价和其生态适应性研究的技术方法进行了综述, 为浙贝母药材药资源保护与综合利用、生产等提供了新的思路与方法, 有助于解决现阶段以浙贝母药材为代表的中药材产区退化、品质下降、产量减少等问题。

[关键词] 浙贝母; 中药材; 品质; 生态适宜性; 中药资源

[中图分类号] Q948.15+3; R2-03; R229 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2018)02-0220-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2018020220

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20171102.1830.016.html>

[网络出版时间] 2017-11-02 18:30

Research Advances in Quality and Ecological Suitability of *Fritillariae Thunbergii* Bulbus and Chinese Herbs

HE Chen-ye¹, ZHANG Chun-chun², LI Shi-qing², ZHANG Ting^{1*}

(1. College of Medical Technology, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, China;
2. College of Pharmaceutical Science, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, China)

[Abstract] In modern society, people pay more and more attention to traditional Chinese medicine, and the quality of Chinese herbal medicine directly determines the effect. However, there is not much theoretical guidance on planting or producing as well as research on regionalization of medicinal herbs' producing areas, leading to the continuing decline of quality, yield and price. This situation results in the short supply of high-quality drugs in the market, and has a direct impact to the economy and people of those medicinal herbs' planting areas. Several studies have found that the quality of *Fritillariae Thunbergii* Bulbus is uneven through different areas with aging, quality difference, and other problems. Meanwhile, the ecological environment has a significant impact on the quality and output of herbal medicine. In order to solve the problem of production of high quality medicinal materials, we found that the ecological suitability research method was one of the methods to find out the better relationship between the quality of Chinese herbal medicine and environmental factors, playing an important role in Zhejiang *Fritillariae Thunbergii* Bulbus national suitability origins zoning, determination of genuine producing areas, and discovery of new suitable planting areas for medicinal materials. The resource status of *Fritillariae*

[收稿日期] 20170719(017)

[基金项目] 国家中医药行业科研专项(201407002); 浙江省科技厅项目(2016C37069)

[第一作者] 何琛晔, 从事中药资源研究, Tel:13588169358, E-mail:851791533@qq.com

[通信作者] *张婷, 硕士, 讲师, 从事中药资源和药理研究工作, Tel:13757173270, E-mail:elaine.zt@gmail.com

Thunbergii Bulbus, material quality evaluation and ecological adaptation research methods were reviewed in this paper, to provide new ideas and methods for conservation, comprehensive utilization and production of Zhejiang Fritillariae Thunbergii Bulbus drug resource, which is helpful to solve the present problems of production degradation, quality declining, yield reduction and other issues of Chinese herbal medicines represented by Fritillariae Thunbergii Bulbus.

[Key words] Fritillariae Thunbergii Bulbus; Chinese herbal medicine; quality; ecological suitability; traditional Chinese medicine resources

中药资源的开发利用和保护其可持续发展,是中药资源研究的主要内容。浙江省作为中药大省,更是将中医药纳入省政府发展战略,力争中药资源产业化、优质化。中药材历来讲究“道地性”,适宜的生态环境才能促进道地药材的生长。我国的中药资源面临诸多问题,不科学的栽培方式不仅严重影响中药材质量及产区,削弱药材的道地性,还可能使引种药材的有效成分与《中国药典》标准相差明显,严重制约了中药材的可持续发展。因此,加强道地药材生态适宜性研究,寻找道地药材形成的生态因素,加大中药材引种栽培和区划管理,对充分合理利用环境资源,保护中药资源、实现其可持续发展等都具有十分重要的意义。浙贝母(*Fritillaria thunbergii*)作为浙江道地药材,是北京同仁堂、九芝堂、哈药集团、海天制药、康恩贝等药企生产养阴清肺丸、通宣理肺丸、羚羊清肺丸、橘红丸、清肺止咳丸的主要原材料,其年用量是23万~24万kg^[1]。其中浙江省的种植面积占全国90%以上。2013年以来,浙贝母价格持续走高,最高达到160元/kg上下^[1]。浙贝母属于多年生、无性繁殖,其繁殖率低,限制了高品质浙贝母的大量生产,因而造成了浙贝母市场供求不平衡的状态。因此,找到环境因素与浙贝母生长发育及药材品质之间的联系,改进现有的栽培方法,对浙贝母适宜性产区进行区划分析,评价现有产区与开发潜在适宜产区,扩大高品质的浙贝母生产具有很大意义。

1 浙贝母药材资源开发利用现状

1.1 浙贝母药材资源现状 浙贝母为百合科植物浙贝母的鳞茎,别名浙贝、象贝、元宝贝、珠贝,具有清热化痰、散结消痛的效用,历版《中国药典》均有收载^[1]。近几十年来,对浙贝母的研究主要集中在有效成分含量及药理学方面,然而限制浙贝母中药材广泛应用的一个重要制约因素是产量和药材质量。浙江省为浙贝母道地产区,浙贝母生长于海拔较低的荫蔽处,喜温和湿润、阳光充沛的环境,但由于长年不节制的采挖方式,导致野生资源匮乏,现仅

存于天目山脉一带^[2]。目前,市场上的浙贝母药材多来源于人工栽培^[3],浙江省产区主要集中在磐安、鄞州、缙云、开化等地,药材品质最高,江苏、福建、江西等地也有种植。

1.2 浙贝母资源开发存在的问题 浙贝母生产的主要问题是种子多年生、结实率低、繁殖系数低,因而多采用鳞茎繁殖。而长期鳞茎无性繁殖也导致了鳞茎变小、病毒病积累、产量下降、有效成分含量锐减。此类问题随着无性繁殖的年限增加而日趋严重,尤其是老产区品种退化现象更为突出^[4]。浙贝母栽培种植户主在种植过程中完全凭经验、缺乏科学指导,对浙贝母的生态适宜性缺乏认识、大量使用化肥造成土壤污染、灌溉和光照不当,最终导致浙贝母产量及质量的不稳定。另外北方部分省份没有从自身的实际情况出发,不注重气候条件对浙贝母生长点的显著影响,过度片面追求经济效益,盲目引种播种,浙贝母鳞茎发育不良、质量低劣,严重影响了外界对于浙贝母疗效的评价^[5]。随着浙贝母种植面积迅速扩大,土壤和气候因素的变化、病虫害、水质等因素与浙贝母品质、产量、安全性和市场之间的矛盾日益突出,见表1。可见各种生产问题与浙贝母品质密切相关。

2 浙贝母的质量评价

《中国药典》2015年版规定浙贝母药材以贝母素甲、贝母素乙作为定量指标,查阅相关文献^[10-12]后发现,除贝母素甲、贝母素乙外,腺苷、水溶性成分、生物碱总量、多糖、酸性磷酸脂酶(ACP)和淀粉酶(AMY)活性等均可作为评价浙贝母质量的指标。针对浙贝母的有效成分,在质量评价的研究中常用的方法有高效液相色谱法^[13]、酸性染料比色^[14]、硝基酚比色^[13]、建立化学指纹图谱^[15]和RRLC-Q-TOF-MS特征图谱^[16]等。不同的方法可以针对浙贝母有效成分中的一种或多种进行分析研究,发现不同产地、不同生态环境下浙贝母有效成分存在差异,但浙贝母质量评价往往发生于药材收获、入市之后,这对于获得高质量的浙贝母药材并无指

表 1 浙贝母生产现状主要问题及产生原因

Table 1 *Fritillariae Thunbergii Bulbus's main problem of manufacturing status and cause*

生产问题	具体表现	产生原因	解决方案	参考文献
繁殖率低	有性繁殖(种子)周期长,无性繁殖率(鳞茎)低	种子生长年限长、结实率低栽种 1 个鳞茎,只能产出一个商品,另一个作种茎	鳞茎繁殖技术、浙贝母种子田栽培和套种等	[6]
连作障碍	浙贝母产量低、病虫害增多,如灰霉病,干腐病,软腐病	根际土壤酸化,土壤关键酶活性变化,叶内膜脂过氧化加剧等	合理利用土地资源,避免同一块土地连作	[7]
土壤肥力问题	微肥量很难把控,浙贝母质量参差不齐	微量元素影响植株的生长和有效成分的生产	技术监控土壤微肥含量	[8]
种茎越冬问题	休眠期长,种茎越冬难,烂种率较高	越冬期间,温度湿度等环境条件不适,种茎易腐烂和受地下虫害	种茎室内贮藏越冬技术	[9]

导意义,如果能够在药材大面积种植之前,进行浙贝母的生态适宜性研究,即结合有效成分与生态因子的相关性对其产地的环境因素进行具体的分析,从而选择适宜的产地、适宜的时间进行合理化栽培,理论上可以得到高质量、高产量的浙贝母药材。

3 浙贝母的生态适宜性

3.1 生态适宜性的评价指标 生态适宜性是指区域生态系统对某种持续性用途的适宜或限定性程度。中药材的生态适宜性就是该地区的环境条件是

否有利于该药材的种植及有效成分的生成。目前,与中药材生态适宜性相关的指标可分为 5 大类,分别为气候因素、土壤因素、大气因素、生物因素和地形因素。

气候因素主要包括光、温度、水分等。如薄荷种植产区广泛,若产地阳光充沛则有利于薄荷挥发油的生成,若在久雨过后采收,其药材清凉气差,挥发油含量不足正常量的 75%^[17]。其他中药材及其适宜的气候因素见表 2。

表 2 不同药材的适宜气候因子

Table 2 *Suitable climate factors of different herbs*

名称	产地	主要功效	气候因子		参考文献
			温度/℃	降水/mm	
白术	浙江、湖南、湖北、安徽、河北	健脾益气、安神安胎、燥湿利水	10 ~ 25	220 ~ 230	[18]
五味子	吉林、辽宁、黑龙江	敛肺止咳、滋补涩精、止泻止汗	18.69 ~ 20.99	162 ~ 172	[19]
葛根	广东	解肌退热、生津透疹、升阳止泻	20 ~ 33	-	[18]
三七	云南	活血化瘀、消肿定痛	20 ~ 25, 15 ~ 20(土壤)	-	[20]

土壤因素包括土壤结构、理化性质、微量元素、肥力和微生物等^[21]。在对杜仲道地性的物质基础研究中发现,杜仲道地药材产区龙门山的土壤与药材有效成分比较结果具有较高一致性,土壤环境对

杜仲药材的有效药性有较明显影响^[22]。这说明中药药性的形成与植物对微量元素的吸收有关,因为土壤中微量元素的含量是药用植物对微量元素的被动性吸收的主要原因。见表 3。

表 3 不同药材的适宜土壤条件

Table 3 *Suitable soil conditions of different herbs*

名称	产地	主要功效	土壤条件	参考文献
黄芪	内蒙古、河北、山西	补气固表,利尿托毒,排脓,敛疮生肌	褐土、灰色森林土、黑钙土、淡栗褐土、棕钙土、灰褐土、淋溶灰褐土等	[23]
金银花	河南、山东	清热解毒,凉散风热	砂质土壤,中性或偏碱性的土壤	[24]
五味子	吉林、辽宁、黑龙江	益气生津,补肾养心,收敛固涩	土壤 pH 6.38 ~ 6.51,有机质质量分数 1.91% ~ 2.24%	[25]
三七	云南	活血化瘀、消肿定痛	土质疏松、排灌方便的壤土,偏酸性沙土壤	[26-28]

除此之外,大气因素主要包含气压、氧气及二氧化碳浓度,生物因素主要指动植物、微生物及人类活动等的影 响,地形因素如地势、坡度、坡向(阴坡和

阳坡)等,都可以通过改变气候因素和土壤因素从而 影响植物的生长和分布。例如产自四川西南部和青海东南部的暗紫贝母(*F. unibracteata*),生长于高

山季节性积雪的环境下,其总生物碱含量随海拔升高而增加^[29]。

3.2 浙贝母生态适宜性研究现状 目前针对浙贝母的道地产区生态因素研究主要集中在土壤和气候两大因素。

浙江作为浙贝母的主要产地,主要种植产区分布如图 1,其中鄞州、磐安等地种植面积达 75 000 m² 以上^[5]。气候上,浙贝母喜温凉,稍耐寒。其鳞茎和根、茎叶的生长温度范围分别是 10~25、7~25 和 4~30 ℃^[30]。温度会影响浙贝母的正常生长,过低(-3 ℃ 及以下)会产生冻害,过高(30 ℃ 以上)则引起茎叶枯萎^[31]。研究表明,气温的骤变会影响浙贝母生长所需关键酶的活性,从而造成浙贝母减产和(或)有效成分含量下降^[32]。

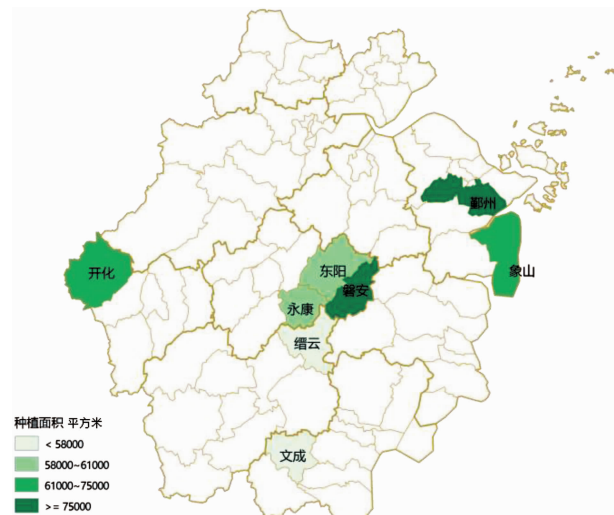


图 1 浙贝母的主栽培基地分布

Fig.1 Distribution of main cultivation base of Zhejiang Fritillariae Thunbergii Bulbus

土壤是另一重要生态因素。袁小凤等^[8] 研究比较了部分道地产区与非道地产区土壤的微量元素,发现浙贝母对 S、P、Mg 元素的要求比较高,此类元素含量更高的土壤较有利于药材的栽培。因此,在浙贝母药材的规范化种植过程中,适当增加磷肥、硫肥和镁肥,注意微量元素配比和用量,理论上可以提高药材的质量和产量。另外土壤 pH 也可能影响其道地性,例如江苏南通的浙贝母种植地土壤呈碱性,含全氮、全磷、有机质较高,推迟了浙贝母鳞茎的枯萎期,利于其营养物质的堆积和次生代谢物的生成^[33]。

由此可见浙贝母有其自身生长的特殊要求,道地药材品质很大程度上与生长地理环境密不可分,

盲目的引种、扩种和转培会导致药材品质下降或生长障碍,影响浙贝母生长的合理布局。在浙贝母药材引种、产区扩大和异地栽培时,要严格控制其生长条件,注重药材的生态适宜性。然而,由于生态环境要素和浙贝母药效成分的多样性,常规的浙贝母质量评价方法难以准确地说明浙贝母药效成分与产地环境因素之间的联系,限制了浙贝母药材生态适宜性的研究以及道地药材种植区域的开发利用。其他中药材道地性相关生态因素及适宜性分析方法,或可为浙贝母生态适宜性研究提供思路。

4 中药材生态适宜性研究方法

依靠传统经验对单个自然因素和(或)单个产地进行定性和(或)简单定量分析一直是中药材生态适宜性区划研究的主要方法,然而由于效率低、准确性差、分析结果局限制约了其在生产上的应用^[34]。这种情况同样影响着浙贝母的合理化种植。近年来在中药材生态适宜性评价上出现了很多新的研究方法和新技术,特别是现代数理分析方法与各种复杂的生物技术的合理结合,使相关研究更为准确高效,这可能为浙贝母的生态适应性研究带来突破性进展。

4.1 常规生物技术方法 我国幅员辽阔、地理环境复杂,不同产地间同种药材的品质差距较大。药材品质的研究目前仍集中在中药化学成分的分离和鉴定上。以浙贝母为例,利用高效液相色谱^[35] 对浙贝母生物碱含量^[36]、浙贝母饮片硫熏前后含量变化^[37] 进行检测,以及前文提到的其他浙贝母质量评价方法均可从一定程度上起到鉴定异地同种药材质量的作用。另外,DNA 分子遗传标记法也可以从分子生物学水平揭示中药材生态适宜性的生物学本质^[38],且不受外界条件和药材生长发育的影响,能快速、微量、特异地识别不同产地的浙贝母药材。单一生物技术研究方法的缺陷在于不能将环境生态因素与药材的质与量具体结合。

4.2 现代数理分析新技术 环境生态因素包括地理位置、光照、温度、海拔、土壤、微量元素等,直接或间接影响中药材的质量,加上中药材本身和药材有效成分随着生长呈动态变化的复杂性,中药资源生态适宜性难以通过标准评价方法实现。如今,多种统计分析方法的出现可以帮助解决上述问题。

4.2.1 数理方法 数理方法包括多元统计分析和现代应用数学方法。从统计学角度来讲,就是将气象地形、中药材质量相关指标等数据进行处理分析,分析中药材质量与产地的适宜性。如陈亚^[39] 用主成分分析和系统聚类法分析了何首乌 HPLC 指纹图

谱数据,将何首乌样品分为 5 类,发现不同产地、不同生长方式的何首乌相似度较好、化学组成一致性较高,但有效成分含量上存在差异,且与产地气候、土壤和生长年限等环境条件有关。但该类统计方法多采用人为选取检测数据,代表性不足、外推性不好。

4.2.2 3S 技术 3S 技术是遥感技术 (Remote sensing, RS), 地理信息系统 (Geography information systems, GIS) 和全球定位系统 (Global positioning systems, GPS) 的统称,多学科综合应用对数据进行分析比对,在特定动植物分布产地区划等方面,有良好的应用前景。严辉等^[40]对 43 个明党参主产区进行野外 GPS 采点调查,确定了明党参生长发育过程中关键生长因子的属性数值范围,并利用中药材产地适宜性分析地理信息系统 (TCMGIS),验证了文献记载的药材分布区,并发现了新的适宜区。近年来,随着 GIS 技术的兴起和发展,结合 GIS 和生态学原理,利用生物原产地的生态因子来开发与探索潜在适宜分布区,已广泛应用于生态^[41-45]、资源保护、社会人文^[46]等科学领域。GIS 技术可以不受样本代表性问题的限制,进行中药材生态适宜性区划,总结提取道地药材原产地的环境特征。目前 3S 技术在中药材适宜性产区分析研究领域已具有很好的实用价值,所以该技术在浙贝母的生态适宜性研究、适宜种植产地区划方面或有相似利用价值。

5 展望

中药生态适宜性研究是中药资源保护和可持续开发的重要研究,通过分析中药资源及其地域系统的空间分布规律等,进一步确定生态主导因子和限制因子,不仅能进行全国范围的生态适宜性区划,还可以科学准确、快速地分析出与道地产区生态环境上最相近的地区,或是中药资源调查中尚没有数据的潜在适宜产区,更好地进行中药材的引种转种、仿生栽培和野生抚育等。因此在浙贝母的生态适宜性研究上,或许可以借鉴大部分中药材在产地区划研究中的方法,将浙贝母药材质量评价和药材产地生态因子区划分析相结合,进而验证浙贝母已知适宜产区并开发未知的潜在适宜产区。

当然相关的研究方法已不是首次出现,王瑀等^[31]对浙贝母药材进行的生态适宜性研究中发现,以鄞县为药材分析的基点,上海、浙江鄞县、杭州市郊和余姚等均为最适宜区,江苏的几个主产区与鄞县在土壤气候上存在一定差异,解释了为什么浙贝母以浙江产地最为著名,但也说明即使气候土壤条件与道地产区相似,药材质量也会受到各种社会因

素和种植习惯的影响。需要指出的是该研究中对适宜产区的划分只基于 4 个生态因子,若能在划分过程中扩大生态因子的选择再结合 GIS 进行地理分析,对适宜产区的开发与探索将更有统计学意义。

随着研究的深入,应采用多指标综合评价的方法对浙贝母药材产地生态适宜性进行定量化、空间化的分析,以此弥补技术上的不足。在浙贝母药材生态适宜性研究基础上,通过扩大产区生态因子的选择,并采用统计分析, GIS, 遥感分析等现代技术手段与药材质量评价分析相关的检测方法相结合的方式,对产区空间的生态现状及中药材种植生产的开发利用条件进行定性定量评价和科学预测,不仅体现了道地药材道地性的生态指标,其结果也可作为中药材引种扩种的重要参考依据。另一方面,也要考虑社会经济环境,保证中药材资源科学化、效益化的可持续发展。

[参考文献]

- [1] 周晓龙. 浙贝母产销分析[J]. 中国现代中药, 2013, 15(2):157-158.
- [2] 康孟利,戴永峰,俞静芬. 浙贝母加工与质量安全研究进展[J]. 农产品加工月刊, 2016(5):58-59.
- [3] 汪少华,乔家法. 不同产地浙贝母多糖含量的比较[J]. 中国现代应用药学, 2014, 31(10):1256-1258.
- [4] 张彦南,陆兵,王康才,等. 浙贝母主产地栽培品种与生产现状调查研究[J]. 中国现代中药, 2012, 14(10):42-45.
- [5] 潘金明,葛有良. 浙贝母栽培技术[J]. 中国园艺文摘, 2013(12):221-223.
- [6] 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):323-326.
- [7] 陈德煜. 浅析中药材产地对质量影响[J]. 中国中医药现代远程教育, 2012, 10(1):80-81.
- [8] 袁小凤,彭三妹,李晓红,等. 浙贝鳞茎及根际土中元素含量在不同产区和物候期的差异及相关性分析[J]. 浙江中医药大学学报, 2014, 38(1):5-12.
- [9] 张晓萌,杨筠文,孙健. 浙贝母种贝室内贮藏越夏技术初探[J]. 浙江农业科学, 2015, 6(6):842-843.
- [10] 韩静. 中药贝母多样性研究及其质量考察[D]. 兰州:兰州大学, 2009.
- [11] 汪少华,乔家法. 不同产地浙贝母多糖含量的比较[J]. 中国现代应用药学, 2014, 31(10):1256-1258.
- [12] 水豪杰,王井玲. 基于酸性磷脂酶和淀粉酶活性测定的浙贝母道地性研究[J]. 浙江中医杂志, 2017, 52(4):305-306.
- [13] 闵会,吴健,楼芳芳,等. HPLC 测定浙贝母花中的贝母素甲和贝母素乙[J]. 华西药学杂志, 2016, 31(3):307-309.

- [14] 楼柯浪,陶倩,俞冰,等. 主成分分析下磐安浙贝母鳞茎最佳采收期的研究[J]. 浙江中医药大学学报, 2017,41(4):329-335.
- [15] 刘建梅. 贝母生物碱组分的制备与质量评价方法建立[D]. 上海:华东理工大学,2014.
- [16] 周建良,刘伟,郭增喜,等. 基于快速液相色谱-四级杆飞行时间串联质谱的浙贝母特征图谱研究[J]. 中国中药杂志,2013,38(17):2832-2837.
- [17] 陈文年,陈发军,谢玉华. 融雪时间对川贝母生长的影响[J]. 湖北农业科学,2013,52(4):868-872.
- [18] 黄建锋,周清,戚海英,等. 广东不同产地葛根中葛根素和大豆苷元的含量测定[J]. 广东药学院学报, 2013,29(4):392-395.
- [19] 毛亚娟,卫海燕,尚忠慧,等. 基于GIS与模糊物元模型的东北地区五味子生境适宜性评价[J]. 应用与环境生物学报,2016,22(2):241-248.
- [20] 陈中坚,孙玉琴,黄天卫,等. 三七栽培及其GAP研究进展[J]. 世界科学技术—中医药现代化,2005,7(1):67-73.
- [21] 王红,霍亮. 基于模糊评价的中药生长适宜性地理分析方法研究[J]. 北京建筑工程学院学报,2014,30(2):64-72.
- [22] 许焯. 杜仲道地性药材形成的物质基础研究[D]. 成都:成都理工大学,2015.
- [23] 索风梅,丁万隆,谢彩香,等. 蒙古黄芪的生态适宜性数值分析[J]. 世界科学技术—中医药现代化,2010,12(3):480-485.
- [24] 张重义,李萍,齐辉,等. 金银花道地与非道地产区地质背景及土壤理化状况分析[J]. 中国中药杂志, 2003,28(2):114-117.
- [25] 田宇,岳中辉,郭立波,等. 北五味子生长后土壤养分、微生物及酶活性的季节动态[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报,2014,30(2):39-42.
- [26] 罗群,游春梅,官会林. 环境因素对三七生长影响的分析[J]. 中国西部科技,2010,9(9):7-8.
- [27] 黄泰康. 论天然药物地理学的建立与发展[C]// 中国生态学学会. 全国首届新学说新观点学术讨论会(生命科学)论文集全. 北京,1993.
- [28] 靳百慧,杨羚钰,徐玉龙,等. 三七收获后不同年限土壤微生物代谢多样性分析[J]. 中国生态农业学报, 2016,24(3):284-292.
- [29] 张利,朱欣伟,黄泉,等. 海拔对暗紫贝母生长及总生物碱含量的影响[J]. 四川林业科技,2016,37(2):80-83.
- [30] 叶加亮. 浙南山区浙贝母高产栽培技术与加工方法[J]. 上海农业科技,2005(6):114-115.
- [31] 王瑀,魏建和,陈士林,等. 道地药材浙贝母产地适宜性的GIS分析[J]. 中国现代中药, 2006,8(6):4-6.
- [32] 高方洁,陈静,郭妙健,等. 不同温度对浙贝母三种抗逆性酶的影响[J]. 湖北农业科学,2007,46(4):595-597.
- [33] 郑坚,陶正明,李林,等. 不同产区浙贝母种(鳞)茎环境因子及产量研究[J]. 浙江农业科学,2005(5):12-15.
- [34] 朱寿东,张小波,黄璐琦,等. 中药材区划20年——从单品种区划到区域区划[J]. 中国现代中药,2014,16(2):91-95.
- [35] Knittelfelder O L, Kohlwein S D. Quantitative analysis of yeast phospholipids and sterols by high-performance liquid chromatography-evaporative light-scattering detection [J]. Cold Spring Harbor Symp Quant Biol, 2017, DOI: 10.1101/pdb.prot085472.
- [36] 程斌,吕圭源,杨雄志. 不同品种浙贝母中贝母生物碱含量的比较[J]. 陕西中医学院学报,2016, DOI: 10.13424/j.cnki.jsctem.2016.01.033.
- [37] 杜伟锋,贾永强,张焱新,等. HPLC-ELSD法同时测定浙贝母饮片硫熏前后3种有效成分的含量[J]. 药物分析杂志,2015(4):675-678.
- [38] 肖小河,刘峰群,袁海龙. 中药DNA分子标识鉴定研究进展[J]. 中草药,2000,31(8):561.
- [39] 陈亚. 何首乌质量评价及产地适宜区划研究[D]. 广州:广州中医药大学,2013.
- [40] 严辉,段金殿,孙成忠,等. 基于TCMGIS的明党参产地适宜性研究[J]. 南京中医药大学学报,2012,28(4):363-366.
- [41] Guisan A, Zimmermann N E. Predictive habitat distribution models in ecology [J]. Ecol Model, 2000, 135(2-3):147-186.
- [42] Dan L W, Glor R E, Turelli M. Environmental niche equivalency versus conservatism: Quantitative approaches to niche evolution [J]. Evolution, 2008, 62(11):2868-2883.
- [43] José C B, André L A, Francisco A, et al. Biogeography and conservation of taxa from remote regions: an application of ecological-niche based models and GIS to North-African canids [J]. Biol Conserv, 2009, 142(12):3020-3029.
- [44] Adhikari D, Barik S K, Upadhaya K. Habitat distribution modelling for reintroduction of *Ilex khasiana*, Purk. a critically endangered tree species of northeastern India [J]. Ecol Eng, 2012, 40(3):37-43.
- [45] Evangelista P H, Kumar S, Stohlgren T J, et al. Modelling invasion for a habitat generalist and a specialist plant species [J]. Divers Distributions, 2008, 14(5):808-817.
- [46] Dermatis Z, Tsaloukidis N, Zacharopoulou G, et al. GIS mapping and monitoring of health problems among the elderly [J]. Stud Health Technol Informatics, 2017, 238:48.

[责任编辑 顾雪竹]